UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

REDISEÑO DE LOS PARÁMETROS DE VOLADURA, PARA LA

IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE ORE SORTING EN

COMPAÑÍA MINERA ARES – U.M INMACULADA

PRESENTADO POR:

- Br. Rai Liwar Quintasi Noa

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL

DE INGENIERO DE MINAS

ASESOR:

Mgt. Edmundo Alarcon Caceres

CUSCO - PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro, CU-303-2020-UN5AAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: Redisence de los
parametros de volagora, para la implementación de la prairia
de Ore Surting en Companía Minera Ares-U.M. Inmânilada
presentado por: Rai Livear Quintasi Noz. con DNI Nro.: 70913875.
presentado por:
para optar el título profesional/grado académico de
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 5º del Reglamento para Uso de Sistemo Antiplagio de la
UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de Enere de 2029

Post firma Nro. de DNI ORCID del Asesor...

Se adjunta:

- 1 Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- 2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: DID: 21259:3025 26296



NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS RAI QUINTASI.pdf

AUTOR

RAI Quintasi

RECUENTO DE PALABRAS

40970 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

223 Pages

FECHA DE ENTREGA

Jan 9, 2024 11:07 AM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

220690 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.1MB

FECHA DEL INFORME

Jan 9, 2024 11:09 AM GMT-5

• 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base o

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

• Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado

- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia, y en especial a mis padres José y Maribel, por darme la oportunidad de estudiar en una gran universidad y llegar a ser un gran profesional. A mi tía Yaqueline por los años de cuidado durante mi etapa universitaria. A mi hermana Shanandra, por estar siempre a mi lado. A mis primos quienes me apoyaron en todo y son un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas e instituciones que me han dado soporte en la elaboración de la presente tesis.

Agradezco a toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por sus años de enseñanza y valioso conocimiento que me forjaron tanto en lo personal como profesional.

Gran reconocimiento al Mgt. Edmundo Alarcón por su acertada orientación en el desarrollo de la presente tesis, al Dr. Miguel Vera e Ing. Máximo Mayta por sus revisiones y recomendaciones para llevar a cabo la presente tesis.

Agradezco a todos los amigos que conocí durante mi etapa universitaria, con quienes tengo muchas experiencias, las cuales me llevaron a este gran logro en mi vida.

Estoy convencido que este trabajo no es obra de una sola persona, sino de muchas, que con su amparo y su colaboración han contribuido directa o indirectamente al mismo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	İİ
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	. Vİİ
ÍNDICE DE GRÁFICOS	іх
ÍNDICE DE PLANOS	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	. Xİİ
ÍNDICE DE ANEXOS	Xİİİ
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	.XV
INTRODUCCIÓN	хvі
CAPITULO I	1
MARCO METODOLÓGICO	1
1.1 Planteamiento de problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 Hipótesis General	4
1.4.2 Hipótesis Específicas	4
1.5 Justificación de la investigación	5
1.5.1 Justificación Operativa	5
1.5.2 Justificación Tecnológica	5
1.5.3 Justificación Académica	6
1.5.4 Alcance	6
1.6 Delimitaciones de la investigación	6
1.6.1 Delimitación Temporal	6
1.6.2 Delimitación Espacial	6
1.7 Identificación de variables e indicadores	7
1.7.1 Operacionalización de variables	7
1.8 Tipo v nivel de investigación	8
1.8.1 Tipo de investigación	8
1.8.2 Nivel de la investigación	8
1.9 Población v muestra.	8
1.9.1 Población	8
1.9.2 Muestra	8
CAPITULOIL	. 9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes de la Investigación.	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales	9
2.1.2 Antecedentes Nacionales	10

2.2 Base	es teóricas	12
2.2.1	Voladura	
2.2.2	Voladura en Taladros Largos	14
2.2.3	Parámetros de Diseño de Voladura	
2.2.4	Diseño de Carquío	
2241	Taco o Longitud de Carga	16
222.117	Tino de Explosivo	16
2.2.1.2	Densidad de Carga Lineal	17
2.2.4.0 2.2.4.0	Eactor de Carga y Potencia	
2,2,4,4	Diseño de Secuencia	
2.2.5	Sistemas de Iniciación	10
2.2.0	Sistemas de Iniciación no Eléctricos	10
2.2.7 2.2.7	Sistemas de Iniciación Electrónicos	10
2.2.0	Darámotros Coomocánicos	
2.2.7 2.2.10	Clasificación Coomocánica dol macizo	
2.2.10	Clasificación de Dieniewski (DMD)	
2.2.10.1	Clasificacioni de Bieniawski (R.IVI.R.)	
2.2.11	Resultados Post voladura	
2.2.12	Medición de Resultados de Fragmeniación	
2.2.13	Software Split Desktop	
2.2.13.1	Caracteristicas del Sottware	
2.2.13.2	Proceso de Digitalización con Split Desktop	
2.2.14	Predicción de los resultados de fragmentación	
2.2.15	Modelo KUZ-RAM	
2.2.16	Modelo del Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre	
2.2.17	Ore Sorting	46
2.2.17.1	Proceso Ore Sorting	46
2.2.17.2	Beneficios Ore Sorting	48
2.3 Marc	co conceptual	50
2.3.1	Taladros Largos	50
2.3.2	Resultados de Fragmentación	51
2.3.3	P80	51
2.3.4	KUZ-RAM	51
2.3.5	Factor de Roca (A)	52
2.3.6	Factor de Potencia	53
2.3.7	Dispersión de tiempo de detonadores	53
2.3.8	Rock Mass Rating (RMR)	54
2.3.9	Ore Sorting.	55
CAPITULO III	~	
ANÁLISIS DE	LINEA BASE Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL DISEÑO DE VOLADURA	
3.1 Estu	dio de línea base	
3.1.1	Reportes de perforación y voladura para el estudio de línea base	58
3.1.1.1	Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 15-05-21	
3.1.2	Análisis de la variable controlable	
3.1.3	Análisis de la variable no controlable.	
3.1.4	Reporte de perforación y voladura de fragmentación en Taladros Largos	
3.1.4.1	Análisis de fragmentación TJ 8000	
3.142	Análisis de fragmentación TJ 7200	
3E		

3.1.5	Análisis base de la fragmentación de voladuras en Taladros Largos.	
3.2 Opti	mización de fragmentación de rocas por voladura para el proyecto Ore Sorting	80
3.2.1	Cálculo y diseño de mallas de perforación para tipo de roca IIIB	80
3.2.2	Propuesta Técnica Número 01: Uso de detonadores duales	
3.2.2.1	Análisis Predictivo De Fragmentación Kuz-Ram Y JKMRC	
3.2.3	Propuesta Técnica N° 02 Tipo: Uso de detonador electrónico	
3.2.4	Comparativo de resultados de fragmentación entre línea base y propuestas	101
CAPITULO I\	/	103
APLICACIÓN	I DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN EL DISEÑO DE VOLADURA Y MEDIC	CION DE
RESULTADOS [DE FRAGMENTACIÓN	103
4.1 Apli	cación de pruebas de voladura de acuerdo a la propuesta Nro. 1: Uso de detonado	or dual
		103
4.1.1	Prueba De Voladura N°01	105
4.1.2	Prueba De Voladura N°02	110
4.1.3	Prueba De Voladura N°03	115
4.1.4	Prueba De Voladura N°04	120
4.1.5	Prueba De Voladura N°05	125
4.1.6	Prueba De Voladura N°06	130
4.2 Aná	lisis de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 1: Uso de detonadores o	duales
4 0 1		
4.2.1	Analisis comparativo de resultados de fragmentación entre no estimado y real	
4.2.2 4.2 Aptil	Analisis comparativo de resultados de fragmentación entre pruebas y línea base	138 or
4.3 Apili alactrópica	cación de pruebas de voladura de acuerdo a la propuesta Nilo. 2. Oso de detonad	UI 140
	Drucha Do Voladura Nº01	
4.3.1	Prueba De Voladura Nº02	
4.3.2	Prueba De Voladura Nº02	
4.3.3	Análisis de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 2: Uso de detonado	
electrónico	s	156
4 3 5	Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre lo estimado y real	
436	Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre no estimado y real:	150
4.4 Aná	lisis de Costos Extras nor Fragmentación deficiente nara la Planta Ore Sorting	161
	NES	166
RECOMEND	ACIONES	168
BIBLIOGRAF	ÍA	170
ANEXOS		173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	7
Tabla 2	Clasificación por espaciado de juntas	
Tabla 3	Descripción cuantitativa de apertura de juntas	22
Tabla 4	Orientación de las discontinuidades	
Tabla 5	Parámetros de clasificación y sus valores	
Tabla 6	Parámetros geomecánicas que determinan el factor de roca.	
Tabla 7	Influencia de las variables de diseño en "n"	38
Tabla 8	Tabla de Reportes de Perforación y Voladura para Línea Base	59
Tabla 9	Tabla de datos de perforación y voladura TJ 8000 Nivel 4265 al 4280	
Tabla 10	Distribución de explosivos TJ 8000	
Tabla 11	Cuadro comparativo fotografías inicial versus digitalizada	
Tabla 12	Tabla de Resultados Voladura	71
Tabla 13	Tabla de datos de perforación y voladura TJ 7200 Nivel 4330 al 4345	
Tabla 14	Distribución de explosivos TJ 7200	74
Tabla 15	Cuadro comparativo fotografías inicial versus digitalizada	
Tabla 16	Tabla de Resultados Voladura	
Tabla 17	Datos de lugar, dimensión y perforación de voladura propuesta	
Tabla 18	Parámetros de explosivo	
Tabla 19	Parámetros de Roca	
Tabla 20	Resultados de simulación	
Tabla 21	Resultados de burden y espaciamiento	
Tabla 22	Diseño de malla y voladura	85
Tabla 23	Parametro de roca	
Tabla 24	Fracturas de roca	
Tabla 25	Parametros que definen el factor de roca.	
Tabla 26	Parametros de explosivo	
Tabla 27	Parametros de diseno de maila de voladura	
Tabla 28	Variables calculadas de Kuz-Ram y JKIVIRU	
Tabla 29	Resultados de simulación de fragmentación propuesta nro. 1	
Tabla 30	Parametros de rece	
	Paraturas de roca	
Tabla 32	Problema definer el factor de rece	
Tabla 33	Parametros de evelosivo	
Tabla 34 Tabla 35	Parámetros de malla de voladura	
Tabla 35	Variables calculadas de Kuz Dam y IKMDC	
Tabla 30 Tabla 37	Pasultados da simulación da fragmantación propuesta Nro. 2	
Tabla 38	Datos de prueba de voladura Nro. 01	
Tabla 30	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 01	105 105
Tabla 33	Resultados de la prueba de voladura Nro. 01	
Tabla 40	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1	100
Tabla 42	Datos de cuiva grandiometrica de la pracoa Nilo. T	110
Tabla 43	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 02	110 110
Tahla 44	Resultados de la prueba de voladura Nro. 01	

Tabla 45	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 2	114
Tabla 46	Datos de prueba de voladura Nro. 03.	115
Tabla 47	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 03.	115
Tabla 48	Resultados de la prueba de voladura Nro. 03.	117
Tabla 49	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 3	119
Tabla 50	Datos de prueba de voladura Nro. 04.	120
Tabla 51	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 04	120
Tabla 52	Resultados de la prueba de voladura Nro. 04	122
Tabla 53	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 4	124
Tabla 54	Datos de prueba de voladura Nro. 05.	125
Tabla 55	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 05	125
Tabla 56	Resultados de la prueba de voladura Nro. 05.	127
Tabla 57	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 5	129
Tabla 58	Datos de prueba de voladura Nro. 06.	130
Tabla 59	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 06.	130
Tabla 60	Resultados de la prueba de voladura Nro. 06.	132
Tabla 61	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 6	134
Tabla 62	Datos de prueba de voladura Nro. 01.	141
Tabla 63	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 01.	142
Tabla 64	Resultados de la prueba de voladura Nro. 01.	143
Tabla 65	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1	145
Tabla 66	Datos de prueba de voladura Nro. 02.	146
Tabla 67	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 02.	146
Tabla 68	Resultados de la prueba de voladura Nro. 02.	148
Tabla 69	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1	150
Tabla 70	Datos de prueba de voladura Nro. 03.	151
Tabla 71	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 01.	151
Tabla 72	Resultados de la prueba de voladura Nro. 03.	153
Tabla 73	Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1	155
Tabla 74	Costos de Manipuleo y Transporte	162
Tabla 75	Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de línea base	163
Tabla 76	Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de propuesta Nro. 1	164
Tabla 77	Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de propuesta Nro. 2	164
Tabla 78	Tabla de acceso a la zona a la U.M. Inmaculada	174
Tabla 79	Geología regional y formaciones	181
Tabla 80	Reservas y recursos en la Unidad Operativa Inmaculada	187
Tabla 81	Sostenimiento según la clasificación del macizo rocoso	193
Tabla 82	Estadísticas clave de la U.M Inmaculada	194

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Parámetros que afectan el rendimiento de una voladura	13
Gráfico 2.	Secciones representativas del método de taladros largos.	14
Gráfico 3.	Predicción de la granulometría mediante el modelo KUZ RAM.	38
Gráfico 4.	Esquema de la zona triturada de un taladro de voladura	42
Gráfico 5.	Distribución de los tamaños finos y grueso en el modelo CZM	43
Gráfico 6.	Proceso ore sorting con faja	46
Gráfico 7.	Proceso ore sorting faja y chute	47
Gráfico 8.	Diagrama de flujo del proyecto	57
Gráfico 9.	Relación entre longitud de carga y fragmentación	61
Gráfico 10.	Malla de Voladura con uso de Fulminante de Periodo Largo	62
Gráfico 11.	Análisis de número de fracturas y fragmentación Roca IIIB	64
Gráfico 12.	Análisis de Número de fracturas y fragmentación Roca IVA	65
Gráfico 13.	Gráfico de Diseño de Secuencia y Carquío	67
Gráfico 14.	Curva de Fragmentación y Resultados	70
Gráfico 15.	Gráfico de Diseño de Secuencia y Carquío	73
Gráfico 16.	Curva de Fragmentación y Resultados	
Gráfico 17.	Objetivo granulométrico vs Resultados línea base tipo de roca IVA	78
Gráfico 18.	Objetivo Granulométrico vs Resultados Línea Base Tipo de roca IIIB	79
Gráfico 19.	Fragmentación en taladros largos por tipo de roca.	80
Gráfico 20.	Esquema de secuencia con detonador dual	85
Gráfico 21.	Esquema de carquío taladros largos	86
Gráfico 22.	Curva de fragmentación simulación propuesta Nro. 1.	91
Gráfico 23.	Comparativo entre objetivo y propuesta Nro. 1	92
Gráfico 24.	Esquema de Secuencia con Detonador Electrónico	94
Gráfico 25.	Esquema de carquío taladros largos	94
Gráfico 26.	Curva de fragmentación simulación propuesta Nro. 2.	100
Gráfico 27.	Comparativo entre objetivo y propuesta Nro. 2.	101
Gráfico 28.	Comparativo variables de fragmentacion linea base y propuestas.	102
Gráfico 29.	Distribución de las pruebas de voladura con la propuesta Nro. 1	104
Gráfico 30.	Diseño de Secuencia usando detonador dual	106
Gráfico 31.	Análisis de fotografía con Split Desktop	108
Gráfico 32.	Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 1	109
Gráfico 33.	Diseño de Secuencia usando detonador dual	111
Gráfico 34.	Análisis de fotografía con Split Desktop	113
Gráfico 35.	Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 2	114
Gráfico 36.	Diseño de Secuencia usando detonador dual	116
Gráfico 37.	Análisis de fotografía con Split Desktop	118
Gráfico 38.	Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 3	119
Gráfico 39.	Diseño de Secuencia usando detonador dual	121
Gráfico 40.	Análisis de fotografía con Split Desktop	123
Gráfico 41.	Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 4	124
Gráfico 42.	Diseño de Secuencia usando detonador dual	126
Gráfico 43.	Análisis de fotografía con Split Desktop	128
Gráfico 44.	Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 5.	129

Diseño de Secuencia usando detonador dual	131
Análisis de fotografía con Split Desktop	133
Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 6	
Resultados de fragmentación con uso de detonador dual.	135
Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador dual	136
Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 1	137
Análisis Comparativo	138
Análisis comparativo Línea Base vs Pruebas	139
Análisis P80	139
Análisis de Factor de Potencia (kg/tn)	
Diseño de Secuencia usando detonador electrónico.	142
Análisis de fotografía con Split Desktop	
Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 1	145
Diseño de Secuencia usando detonador dual	147
Análisis de fotografía con Split Desktop	149
Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 2	150
Diseño de Secuencia usando detonador dual	152
Análisis de fotografía con Split Desktop	154
Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 3	155
Resultado de fragmentación con uso de detonador electrónico	156
Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador electrónico	157
Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 2	158
Análisis Comparativo	159
Análisis comparativo Línea Base vs Pruebas	
Análisis P80	160
Análisis de Factor de Potencia (kg/tn)	161
Organigrama de operaciones de Hochschild Mining 2021	175
Atributos Culturales Corporativos	176
Columna estratigráfica	185
Taladros largos longitudinales	189
Taladros largos transversales	190
Labores de desarrollo y preparación	190
	Diseño de Secuencia usando detonador dual Análisis de fotografía con Split Desktop Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 6. Resultados de fragmentación con uso de detonador dual. Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador dual. Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 1 Análisis comparativo Línea Base vs Pruebas Análisis comparativo Línea Base vs Pruebas Análisis de Factor de Potencia (kg/tn) Diseño de Secuencia usando detonador electrónico. Análisis de fotografía con Split Desktop. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 1 Diseño de Secuencia usando detonador dual. Análisis de fotografía con Split Desktop. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 2 Diseño de Secuencia usando detonador dual. Análisis de fotografía con Split Desktop. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 2 Diseño de Secuencia usando detonador dual. Análisis de fotografía con Split Desktop. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 2 Diseño de Secuencia usando detonador dual. Análisis de fotografía con Split Desktop. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 3 Resultado de fragmentación con uso de detonador electrónico Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador electrónico. Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 2 Análisis Comparativo Línea Base vs Pruebas Análisis Comparativo Línea Base vs Pruebas. Análisis de Factor de Potencia (kg/tn). Organigrama de operaciones de Hochschild Mining 2021. Atributos Culturales Corporativos. Columna estratigráfica. Taladros largos longitudinales. Taladros largos longitudinales. Taladros largos transversales. Labores de desarrollo y preparación

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1.	Ubicación U.M Inmaculada	173
Plano 2.	Geología Regional 100k	184
Plano 3.	Geología Estructural de la U.M Inmaculada	186
Plano 4.	Recursos Mineros U.M Inmaculada	188

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Captura de Pantalla de Software Split Desktop	27
Fotografía 2.	Imagen para análisis en Software	28
Fotografía 3.	Escala usada para procesamiento de imagen	29
Fotografía 4.	Captura de pantalla delimitación automática	30
Fotografía 5.	Imagen digitalizada con ajuste manual	31
Fotografía 6.	Captura de pantalla resultados de análisis de fragmentación	32
Fotografía 7.	Opciones de resultados de tamaños	33
Fotografía 8.	Opciones de resultados porcentaje pasante	33
Fotografía 9.	Tajo Post Voladura Tajo TJ8000	71
Fotografía 10.	Fotografía Post Voladura Tajo TJ7200	77
Fotografía 11.	Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 01	106
Fotografía 12.	Pila de material fragmentado post voladura.	107
Fotografía 13.	Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 02	111
Fotografía 14.	Pila de material fragmentado post voladura	112
Fotografía 15.	Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 03	116
Fotografía 16.	Pila de material fragmentado post voladura	117
Fotografía 17.	Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 04	121
Fotografía 18.	Tajo 8800 post voladura	122
Fotografía 19.	Resultado de fragmentación post voladura	126
Fotografía 20.	Tajo 8800 post voladura	127
Fotografía 21.	Resultado de fragmentación post voladura	131
Fotografía 22.	Tajo 8800 post voladura	132
Fotografía 23.	Proceso de carguío con detonador electrónico.	143
Fotografía 24.	Tajo 7900 post voladura	144
Fotografía 25.	Proceso de carguío con detonador electrónico.	147
Fotografía 26.	Pila de material fragmentado post voladura tajo 7900.	148
Fotografía 27.	Proceso de programación de detonadores electrónicos.	152
Fotografía 28.	Tajo 9300 post voladura	153

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Aspectos Generales del Área de Estudio	173
Anexo 2.	Matriz de Consistencia	196
Anexo 3.	Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 30-05-2021	197
Anexo 4.	Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 31-05-21	198
Anexo 5.	Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 31-05-21	199
Anexo 6.	Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 02-06-21	200
Anexo 7.	Reporte perforación y voladura TJ6100 NV4480 05-06-2021	201
Anexo 8.	Reporte perforación y voladura TJ4200 NV4300 07-06-21	202
Anexo 9.	Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 11-06-2021	203
Anexo 10.	Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 12-06-21	204
Anexo 11.	Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 15-06-21	205
Anexo 12.	Reporte perforación y voladura TJ8803 NV4315 19-06-21	206
Anexo 13.	Reporte perforación y voladura TJ4200 NV4330 21-06-21	207

RESUMEN

En la Unidad Minera Inmaculada, se busca implementar la clasificación selectiva automatizada de minerales mediante la planta de Ore Sorting, la cual debe ser abastecida con material fragmentado entre 5" y 3/4", sin pasar por el proceso de chancado. Además, los límites del sistema permiten un máximo de 10% de material grueso por encima de 5" y un máximo de 30% de finos por debajo de 3/4", en la evaluación inicial del estudio se observó que la fragmentación actual no cumple con lo mencionado por lo cual se generarían sobrecostos al sistema. Por ello en el presente trabajo de investigación titulado "Rediseño de los parámetros de voladura para la implementación de la planta de Ore Sorting en Compañía Minera Ares – U.M. Inmaculada" se planteó evaluar nuevos diseños de voladuras en taladros largos, cuyos resultados de fragmentación permitan la implementación de dicha planta, para ello se aplicó un tipo de investigación cuantitativa con un nivel explicativo-aplicativo. Durante el desarrollo de la tesis se usó el actual modelo predictivo de Kuz-Ram (2005) y el modelo JKMRC para la estimación de la fracción fina, proponiendo dos nuevos diseños de voladura. Finalmente, luego de la aplicación y evaluación de 9 disparos, se concluye que la primera propuesta basada en el uso de detonador dual, incrementó en 14.84% la fragmentación objetivo con un P80 de 4.56", mientras que la segunda propuesta basada en el uso de detonadores electrónicos incrementó en 23.37% la fragmentación objetivo con un P80 de 3.74", además se recomienda la aplicación de la segunda propuesta debido a que no genera sobrecostos al sistema de Ore Sorting, generando un ahorro de 572 392.80 USD/año, así mismo contribuye con mayor material a abastecer a la planta.

Palabras clave: Ore Sorting, fragmentación, taladros largos, rediseño, voladura.

ABSTRACT

At the U.M Inmaculada, the aim is to implement automated selective classification of minerals through the Ore Sorting plant, which must be supplied with fragmented material between 5" and 3/4", without going through the crushing process. Additionally, the system limits allow a maximum of 10% of coarse material above 5" and a maximum of 30% of fines below 3/4", in the initial evaluation of the study it was observed that the current fragmentation does not comply with the aforementioned, extra costs would be generated for the system. Therefore, in the present research work entitled "Redesign of the blasting parameters for the implementation of the Ore Sorting plant in Compañía Minera Ares – U.M. Inmaculada" proposed to evaluate new blasting designs in long holes, whose fragmentation results allow the implementation the new plant, for this a quantitative research was applied with an explanatory-applicative level. During the development of the thesis, the current predictive model of Kuz-Ram (2005) and the JKMRC model were used to estimate the fine fraction, proposing two new blasting designs. Finally, after the application and evaluation of 9 blasting, it is concluded that the first proposal based on the use of a dual detonator increased the target fragmentation by 14.84% with a P80 of 4.56", while the second proposal based on the use of electronic detonators increased the target fragmentation by 23.37% with a P80 of 3.74", in addition, the application of the second proposal is recommended because it does not generate additional costs to the Ore Sorting system, generating savings of 572,392.80 USD/year, it also contributes with more material to supply the plant.

Keywords: Ore Sorting, fragmentation, long holes, redesign, blasting.

INTRODUCCIÓN

La industria minera busca constantemente optimizar sus procesos de extracción y transformación de minerales de manera sostenible, específicamente en los procesos de voladura y obtención de material fragmentado, etapa que representa gran porcentaje de costos variables, en la actualidad la voladura óptima en taladros largos depende de una relación directa con las operaciones binarias de perforación y carguío, a esto de suma los parámetros que afectan la fragmentación que son: parámetros de roca y geología, no controlables, y el segundo, parámetros de diseño y explosivos, controlables por ingenieros especialistas en el tema.

El presente trabajo de investigación está compuesto por los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se concentra el tema metodológico, incluyendo el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis, delimitación, población y muestra.

El capítulo II se enfoca en el tema de Marco Teórico, desarrollando los antecedentes, bases teóricas y el marco conceptual.

El capítulo III se desarrolla los aspectos generales del área de estudio, detallando la ubicación, accesibilidad, y todo el aspecto geológico del área de estudio.

En el capítulo IV se realiza un análisis del estudio de línea base y desarrollamos las propuestas de diseño de voladura para la mejora de los resultados de fragmentación de acuerdo al objetivo del proyecto.

En el capítulo V se detalla la aplicación de las propuestas de diseño de voladura, medición de resultados y el análisis económico por sobrecosto de voladuras deficientes.

Finalizamos con las conclusiones y recomendaciones respectivas.

xvi

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1 Planteamiento de problema

La voladura de rocas mediante explosivos, es una de las actividades más importantes dentro del ciclo de minado y representa el mecanismo de rotura más económico en comparación con medios mecánicos. Una de las variables más transcendentales post voladura, es el nivel de fragmentación, que se cuantifica mediante el valor de P80, que representa que el 80 % del material volado tiene un tamaño por debajo de lo indicado en este parámetro, esto influye en los costos operativos de planta al incrementar la energía requerida en los procesos posteriores de conminución de rocas (chancadora primaria, secundaria). Por tal motivo los diseños de voladura (diseño de malla, diseño de carga, diseño de secuencia) deben ser tales que puedan obtener los resultados de fragmentación que requiere la planta.

En la Unidad Minera Inmaculada, se está implementando la clasificación selectiva automatizada de minerales mediante la planta de Ore Sorting, la cual, mediante una serie de sensores y posterior procesamiento de datos, separa el mineral del desmonte o viceversa. Para realizar este proceso es necesario abastecer a esta planta con material roto, sin pasar por chancado, con los siguientes requisitos de fragmentación: el 60% del material debe encontrarse entre $\frac{3}{4}$ " y 5", con un P80 promedio de 3.5". Luego del estudio de línea base, se determinó que los resultados de los diseños actuales de voladura con valores de P80 de 8.48", el porcentaje pasante de 5" es de 61%, el porcentaje pasante de ³/₄" es de 21% y el porcentaje entre ambos valores es de 41%, estos valores no cumplen los requisitos de planta además de generar voladuras secundarias para fragmentar los bancos; el diseño de carga contempla la emulsión encartuchada, mientras que para el diseño de secuencia solo se cuenta con detonadores no eléctricos de periodo largo (500ms por retardo), lo cual representa una limitante en el diseño. Además, estas deficiencias en el diseño de la voladura, generan un chancado primario i/o secundario del material de mina, lo cual representa un sobre costo en el proceso Ore Sorting, es por ello que los resultados de fragmentación post voladura deben de ser los requeridos por esta nueva planta.

Así, se requiere que un 60% del material se encuentre entre fragmentos de ³/₄" y 5"; en caso los tamaños por encima de 5" (material grueso) excedan al 10 % del material volado, se generarían sobre costos de re-manipulación de material y costos de conminución mecánica de rocas, y en caso los tamaños por debajo de ³/₄" (material fino) excedan un 30% del material volado, se perdería mineral en finos. Además, esto conllevaría a no abastecer de suficiente material a la nueva planta de Ore Sorting, generando costos excesivos y haciendo inviable el proyecto. Por ello es necesario poder rediseñar los parámetros de voladura, para obtener los resultados de fragmentación requeridos por la planta de Ore Sorting.

Finalmente, es importante considerar los impactos que se tendría con mineral más grueso o mineral muy fino después de la voladura, además de que no se cumpliría con el mineral a abastecer a la planta de Ore Sorting, se incrementaría los costos de operación de esta nueva planta.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

 ¿Cuáles son los diseños de voladuras de producción en taladros largos que permitan obtener los resultados de fragmentación para la implementación de la planta Ore Sorting?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿A qué se debe el deficiente diseño de voladura que está generando resultados de fragmentación defectuosos para la planta de Ore Sorting?
- ¿Cómo influye la caracterización geomecánica del macizo rocoso en los resultados de fragmentación post voladura?
- ¿Cómo influyen los parámetros de diseño de voladura en los resultados de fragmentación post voladura?
- ¿Cuáles son los sobre costos que generan las deficientes voladuras que no llegan a cumplir con los requerimientos de fragmentación de la planta de Ore Sorting?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

• Evaluar nuevos diseños de voladuras de producción en taladros largos, cuyos resultados de fragmentación permitan la implementación de la planta de Ore Sorting.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el deficiente diseño actual de la voladura que está generando resultados de fragmentación defectuosos para la planta de Ore Sorting.
- Determinar la influencia de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en los resultados de fragmentación post voladura.
- Determinar la influencia de los parámetros de diseño de voladura en los resultados de fragmentación post voladura.
- Identificar los sobrecostos que generan las deficientes voladuras que no llegan a cumplir con los resultados de fragmentación de la planta de Ore Sorting.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

 Evaluando la caracterización geomecánica de la roca y la influencia de los parámetros actuales, se rediseña las voladuras de producción para cumplir los requisitos de fragmentación de la planta de Ore Sorting.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- H1: Rediseñando los parámetros de voladura, se mejora los resultados de fragmentación post voladura de acuerdo a los requerimientos de la planta de Ore Sorting.
- H2: Evaluando el nivel de influencia de la caracterización geomecánica del macizo rocoso, se mejora los diseños de voladura para obtener los resultados de fragmentación post voladura.

- H3: Evaluando el nivel de influencia que tienen los parámetros del diseño de la voladura, se mejora los diseños de voladura para obtener resultados apropiados de fragmentación post voladura.
- H4: Con el rediseño de la voladura se reduce los sobrecostos que se producen por efecto del reproceso del material grueso a través de la chancadora primaria a fin de poder cumplir con los resultados de fragmentación de la planta de Ore Sorting.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1 Justificación Operativa

La necesidad de poder abastecer con la granulometría adecuada a las plantas de tratamiento de mineral es una realidad en la industria de la minería, y para el caso de las plantas de Ore Sorting es aún más estricto los requerimientos granulométricos de abastecimiento. Por ello para que esta pueda cumplir su objetivo de separar el mineral del desmonte eficientemente, es necesario suministrar a la planta con lo requerido granulométricamente, es así que, si alimentamos de mineral muy grueso o mineral fino, comprometemos la eficiencia de selectividad de esta planta. Por ende, los resultados granulométricos obtenidos por la voladura son una necesidad operativa que requiere ser estudiada y evaluada para lograr los objetivos productivos de la mina.

1.5.2 Justificación Tecnológica

La presente tesis busca encontrar el mejor diseño de voladura para optimizar los resultados granulométricos, a través del uso de nuevas tecnologías en accesorios de voladura como son los detonadores duales y electrónicos en minería subterránea. Por cual podremos aportar a mejorar la tecnología de las voladuras en la U.O Inmaculada.

1.5.3 Justificación Académica

Además, a través del estudio de línea base de las voladuras actuales podremos conocer la influencia de las características geomecánicas del macizo rocoso y de la influencia de los parámetros de diseños de voladura en los resultados granulométricos post voladura, por lo cual se contribuye al conocimiento académico y la toma de mejores decisiones en los diseños de voladura de diferentes minas tomando en cuenta estas variables.

1.5.4 Alcance

El alcance de este estudio será en las labores de explotación tipo taladros largos de la Unidad Minera Inmaculada.

1.6 Delimitaciones de la investigación

1.6.1 Delimitación Temporal

La presente investigación se inició en mayo del 2021 con el levantamiento de línea base y culmino en agosto del 2022, con la aplicación y medición de resultados de los nuevos diseños de voladura.

1.6.2 Delimitación Espacial

La investigación se realiza en la Unidad Minera Inmaculada

1.7 Identificación de variables e indicadores

1.7.1 Operacionalización de variables

	Variables	Dimensiones	Indicadores			
Independiente	Diseño de secuencia	Tipo de iniciador	TIPO DE INICIADOR (detonador			
		Retardo entre taladros	500ms, detonador dual, detonador			
		Retardo entre filas	electrónico) RETARDO ENTRE TALADROS (ms)			
			RETARDO ENTRE FILAS (ms)			
	Calidad de Roca	Tipo de Roca	IIIB-IVA Nro/m			
		Numero de fracturas				
	Sobrecosto	Costo de transporte de	\$/tm			
		mineral				
		Costo de carguío de mineral				
Dependiente	Resultados de	P80				
	fragmentación requeridos	% Pasante de 5"	Pulg			
	para la planta Ore Sorting	% Pasante de 3/4"	%			
		% Entre 5" y 3/4"				

Tabla 1	Operaci	onalizao	ción	de	variables
---------	---------	----------	------	----	-----------

Fuente: Elaboración Propia

1.8 Tipo y nivel de investigación

1.8.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis según los datos empleados es del tipo cuantitativa, ya que las variables son aspectos medibles en cantidades, cifras o datos, las cuales se usarán para encontrar las relaciones entre las variables dependientes y las independientes.

1.8.2 Nivel de la investigación

El nivel de investigación será explicativo - aplicativo, ya que hallaremos la correlación de las variables independientes con la variable dependiente, y posteriormente aplicaremos los nuevos diseños de voladura para obtener los objetivos granulométricos de la presente investigación.

1.9 Población y muestra

1.9.1 Población

La población del presente estudio lo conforman las voladuras realizadas en taladros largos de la Unidad Minera Inmaculada, con una población de N: 60 voladuras realizadas por mes.

1.9.2 Muestra

El tamaño de la muestra del presente trabajo de investigación está relacionada al número de voladuras, 9 voladuras en taladros largos, evaluadas como voladuras de pruebas para la medición de fragmentación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

 Lampre, M. (2021). Planificación minera a cielo abierto con clasificación mediante Ore Sorting. [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil de Minas]. Universidad de Chile. Plantea como objetivo general determinar los beneficios y utilidades de preconcentrar el mineral mediante ore sorting en la planificación minera a cielo abierto, comparando un caso base de planificación convencional, versus un caso alternativo en el cual se pre-concentra mediante ore sorting. Conclusiones: Planificar considerando la clasificación del mineral mediante ore sorting, mejora los resultados que se obtienen en la planificación convencional del rajo La Reina al reducir la ley de corte y aumentar la utilización de los recursos disponibles en el yacimiento y recursos al interior del pit final, pero disminuye la cantidad de mineral lixiviado y aumenta la razón estéril/mineral. La lixiviación es con mayor ley de cobre y recuperación hidrometalúrgica, por lo que: se obtienen 1,841 [t] más de cobre fino producido con un aumento del índice de producción de cobre por tonelada de mineral lixiviado, se reduce el consumo de ácido durante la lixiviación y al tener mayores y más rápidos ingresos, aumenta el VAN del proyecto en 642 [kUS\$] (0.91 [%]). Sin embargo, se requiere una mayor capacidad de botaderos o de depósitos de mineral de baja ley para la mayor cantidad de estéril y el material rechazado en el sorter, y aumenta el consumo total de cloruro de calcio para el proceso cuprochlor.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

 Ccahuana, J. (2022). Control granulométrico utilizando el modelo de predicción de Kuz Ram para reducir la fragmentación y los costos operativos en la Compañía Minera Minsur U.M San Rafael-Puno. [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cuyo principal objetivo es de reducir la fragmentación y los costos operativos mediante el control granulométrico utilizando el modelo de predicción de KUZ RAM en la compañía minera Minsur, U.M San Rafael. Conclusión: Con la aplicación del modelo de predicción de Kuz Ram se redujo la fragmentación obteniéndose en el Tj 4145-1900 Split_2 un P-80 de 3.28 in y en el Tj 4510-2050 San Rafael SR34 un P-80 de 3.65 in. Además, se redujo el costo operativo incrementando la rentabilidad; en el Tj 4145-1900 Split_2 obtuvo un incremento de 206,619.57 US\$ mensuales lo que representa un incremento del 19.32 % y en el Tj 45102050 San Rafael SR34 se obtuvo un incremento en la rentabilidad de 369,767.96 US\$ mensuales lo que representa un incremento del 8.14%.

- 3. Cotrina, L. (2015). Predicción de la fragmentación del macizo rocoso utilizando el modelo predictivo de Kuz-Ram y Chung and Katsabanis en la mina Huanzalá CIA Minera Santa Luisa S.A. [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas]. Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo. Plantea como objetivo principal predecir los tamaños de fragmentación como resultado de la voladura, mediante la aplicación de los modelos predictivos de KUZ RAM (1983-1986) y CHUNG and KA TSABANIS (2000); entregando lineamientos técnicos para lograr construir un modelo simplístico de predicción. Todo esto con finalidad de obtener la fragmentación optima, con el menor daño posible al macizo rocoso a causa de la voladura con los modelos matemáticos de Kuz-Ram y Chung and Katsabanis, considerando los parámetros del explosivo y la roca; pero estos resultados es necesario correlacionar con los datos reales obtenidos mediante el programa de foto-análisis wipfrag, a partir de ello determinar el modelo estadístico.
- 4. Huamán, B. (2010). Implementación de un nuevo sistema de iniciación electrónica en Perú – seguridad y versatilidad. [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Minas]. Universidad Nacional de Ingeniería. Plantea como objetivo principal mostrar las características del sistema electrónico Smartshot. Así al final de este estudio entregar una muestra potencial del valor agregado de esta nueva tecnología, demostrando los erróneos cuestionamientos acerca de la implementación de esta tecnología, basados principalmente en los costos, sin tomar en cuenta la seguridad y por ende la productividad que se desprende del uso de este sistema. Conclusiones: La mayor ventaja de los detonadores electrónicos

Smartshot, es su calidad de exactitud, precisión y flexibilidad de programación, a partir de esta base se deben construir las directrices para mejorar el proceso de extracción global de la minería, es decir, enmarcado en el concepto de voladura óptima, cuyo norte principal es conseguir excelentes resultados en esta operación, sin que ello signifique afectar el resto de las operaciones (carguío, transporte y chancado primario); constituyéndose en el objetivo principal al introducir la tecnología de los detonadores electrónicos Smartshot. Podemos destacar las siguientes ventajas en fragmentación:

• Se reducen los problemas de fragmentación que se producen especialmente en zonas periféricas a las voladuras, tanto para minería de superficie como obras civiles.

• La granulometría de las pilas de material volado es más homogénea y con la geometría necesaria para mejorar el rendimiento del equipo de carguío.

• A raíz de la mejor excavabilidad de la pila de material volado, los tiempos de espera de los equipos de transporte son menores, aumentando de cierta manera el rendimiento de este proceso. A su vez, al alimentar al chancador primario con material más homogéneo, se reducen también los tiempos de espera en estos puntos, al no interrumpir la operación por bolones que puedan quedar atascados en estos equipos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Voladura

La voladura se refiere al uso de cargas explosivas en un grupo de barrenos distribuidos en un terreno, y los cuales detonan de acuerdo a una secuencia diseñada y que busca resultados de fragmentación - desplazamiento sin afectar elementos ajenos a la misma (Lopez Jimeno et al., 1987).

Una voladura depende de tres factores principales:

- Cantidad de Energía: está relacionado con la cantidad de explosivo necesaria según los resultados que se desean.
- Distribución de energía: está relacionado a la geometría de distribución producida por el explosivo, la cual transforma la energía química en mecánica, lo cual puede afectar en malos resultados de fragmentación o efectos no deseados al proyecto
- Confinamiento de energía: Se refiere al confinamiento dentro del taladro, lugar donde se coloca el explosivo, con el objetivo de que los gases generado trabajen correctamente antes de liberarse por la zona de menor resistencia.



Gráfico 1. Parámetros que afectan el rendimiento de una voladura.

Fuente: (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.2 Voladura en Taladros Largos

El método de explotación por Taladros largos (Large Blast Hole) es muy similar a la aplicación de bancos a tajo abierto. Se requiere de dos subniveles: uno de extracción y otro de perforación (Famesa Explosivos, 2019).

La preparación de una cámara para este método requiere de tres sectores:

- Corte inferior: Es el subnivel de extracción del mineral fragmentado.
- Sector de taladros largos: Es la zona donde se perforan los taladros largos y representa la producción de la cámara.
- Corte Lateral: Es la primera cara libre para la voladura de los taladros largos. Se puede aperturar por raise boring o por voladura tipo VCR.



Gráfico 2. Secciones representativas del método de taladros largos.

Fuente: Famesa Explosivos, 2019

Según el libro reciente de Famesa Explosivos (2019) solo se considera un tipo de carga de columna, ya que la rotura del pie del taladro no implica dificultad como en el caso de bancos de tajo abierto, se puede usar ANFO y cartuchos de emulsión encartuchada en casos de presencia de

agua. La gran cantidad de explosivo usada en este método afecta en los niveles de vibración generados, los cuales deben reducirse mediante el uso de cargas espaciadas y el secuenciamiento correcto de la voladura, según Du Pont, es recomendable tener los siguientes tiempos de retardo:

- Cargas de un mismo taladro (50 ms)
- Cargas adyacentes de la misma fila (10 ms)
- Cargas entre filas (75ms)

Las ventajas que ofrece el método de taladros largos son:

- Gran seguridad para los trabajos y regularidad de producción.
- Altas productividades y rendimientos de voladura por metro lineal perforado.
- Grandes alturas de banco de hasta 70m, que posibilitan disparar voladuras de gran tamaño.
- Menores daños a la roca remanente al disponer a las voladuras de dos caras libre y poder diseñar voladuras de cargas desacopladas.
- Posibilidad de cargar un 80% del volumen de roca arrancada sin control remoto.
- Menos consumo específico de explosivo que con el método VCR.
- Empleo de explosivos como el ANFO de menor costo que las emulsiones.
- Menores costos de perforación y voladura.
- Buen control de las leyes y baja dilución del mineral.

2.2.3 Parámetros de Diseño de Voladura

En el diseño de voladuras, intervienen dos grandes grupos de variables: los no controlables y los controlables.

Las variables no controlables están referidas en su mayoría al macizo rocoso y sus características, las cuales tienen gran influencia en los resultados post voladura y por lo cual deben ser estudiabas a detalle. Si bien, estas variables no pueden manipularse, es muy importante saber su comportamiento e influencia en la voladura (Lopez Jimeno et al., 1987).

Por otro lado, las variables controlables se clasifican en: geométricas (diámetro, longitud de carga, burden, espaciamiento), físicas-químicas o del explosivo (tipo de explosivo, potencia, energía, sistemas de cebado) y de tiempo (tiempos de retardo y secuencia de iniciación).

2.2.4 Diseño de Carguío

2.2.4.1 Taco o Longitud de Carga.

Se refiere a la longitud del taladro a cargar con explosivo (cartuchos de emulsión encartuchada) y que se encargará de fragmentar la roca a su alrededor, además requerirá de un taco, que es la longitud del taladro sin explosivo y que contiene un material inerte con la finalidad de confinar y retener los gases producidos en la explosión. En caso la longitud de carga sea excesiva se produce un escape prematuro de los gases y genera excesiva onda aérea y proyección de fragmentos. Pero si la longitud de carga es muy corta se produce banqueo o anillado en frentes. Por tal motivo es importante determinar el tipo y la longitud de taco en el diseño de carga (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.4.2 Tipo de Explosivo

En el mercado de los explosivos se tiene diversas opciones de explosivo de acuerdo al tipo de roca a fragmentar, es por ello que es importante poder caracterizar bien al macizo rocoso, para

evaluar si se requiere un explosivo con energías de tensión altas y energías de gas altas, o solo alta energía de gas para poder empujar el macizo rocoso (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.4.3 Densidad de Carga Lineal

Se refiere a la cantidad de explosivo usado por metro lineal de taladro, y está relacionado a la distribución de los explosivos. Es así que se tiene una carga de fondo de mayor energía que rompa los esfuerzos de compresión y una carga de columna que se encargue de romper por tracción, esta técnica es la conocida como distribución selectiva de la energía en los taladros, lo cual permite mantener el consumo específico de explosivo y reducir costos de voladura y perforación (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.4.4 Factor de Carga y Potencia

Según López Jimeno et al. (2019) es la relación entre la cantidad de explosivo usada para fragmentar una tonelada de mineral, este parámetro de voladura se incrementa con: el aumento de diámetro de los taladros, la resistencia de la roca y grado de fragmentación, así como mala distribución de la carga y tipo de voladura a realizar (sin cara libre o con cara libre).

2.2.5 Diseño de Secuencia

Los tiempos de retardo están referidos al orden de detonación de los taladros, y juegan un papel muy importante en la reducción de cargas operantes y la consiguiente reducción de niveles de vibración. Además, esto permite mayor efectividad en los mecanismos de rotura, fragmentación, desplazamiento de la roca, sobre excavación y proyecciones (Famesa Explosivos, 2019).

2.2.6 Sistemas de Iniciación

Los sistemas de iniciación, han sufrido diversas mejoras a lo largo del tiempo, buscando una iniciación más energética de los explosivos, pero a la vez de manipulación segura, buscan el control de los tiempos de iniciación para mejorar la fragmentación, un cebado fácil del explosivo, mayor flexibilidad y rapidez en la conexión de accesorios para voladura (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.7 Sistemas de Iniciación no Eléctricos

Según López Jimeno et al. (2019) estos sistemas están compuestos por una manguera o tubo de choque y una cápsula detonadora, en donde mediante el uso de la onda de choque de baja velocidad de detonación (2000 m/s) que se canaliza por el tubo de choque, llega hasta el detonador o capsula, la cual está compuesta por pentrita y un explosivo secundario, que inician al explosivo cebado. Estos se pueden clasificar en:

- Detonador de Periodo Corto, poseen tiempos de retardo de 25ms entre números consecutivos (nro 1 al nro 10) 50 ms (nro 11 al nro 15) y 100 ms (nro 16 al nro 20). Su uso normal se da en minería superficial.
- Detonador de Periodo Largo, poseen tiempos de retardo de 500 ms entre números consecutivos, con el objetivo de facilitar el movimiento de roca y generar cara libre en los trabajos de avances en túneles, galerías, cruceros, rampas.
- DETONADOR DUAL, posee en cada extremo un fulminante de retardo, lo cual permite retardar el siguiente taladro mediante el mismo fanel. Esto permite eliminar la necesidad de mantener y almacenar varios tiempos de retardo, permitiendo reducir costos. Como principal ventaja tiene la de generar voladuras silenciosas por la eliminación del uso de
cordón detonante en el amarre de la malla. Además, permite la iniciación taladro a taladro, lo cual reduce los niveles de vibración.

• Fulminante CTD, es un conector de retardo de superficie que permite realizar retardos entre filas de una malla de voladura.

2.2.8 Sistemas de Iniciación Electrónicos

Según López et al. (2019) este sistema de iniciación se compone por un detonador, un microchip de retardo electrónico y cable eléctrico como línea descendente. Esto le permite tener una mayor precisión y flexibilidad en los retardos de los taladros, permitiendo controlar los efectos post voladura como fragmentación, la vibración y proyecciones.

En comparación de los detonadores no electrónicos, donde el retardo viene dado por un tren pirotécnico de combustión controlada, en los electrónicos se puede programar el tiempo de retardo del detonador, desde 0 ms hasta 20000 ms, esto permite realizar diseños más precisos sin limitarse por los tiempos de serie de los fabricantes de accesorios.

El sistema de encendido es mediante un condensador el cual activa a una gota eléctrica y este a su vez al explosivo primario, luego de la orden de una unidad de disparo, este sistema no puede iniciar si un código de activación único, además que por seguridad están protegidos por circuitos de seguridad y cortacorrientes. Como principales ventajas de este sistema se tiene:

- Mayor flexibilidad para los diseños de voladura, pudiendo dar tiempos en intervalos de 1ms.
- Mejora la fragmentación, al conseguir
- Reduce Inventarios.
- Permite realizar voladuras de contorno más precisas.

2.2.9 Parámetros Geomecánicos

Esta variable es una de las más importantes dentro de los diseños de voladura, y viene a ser una variable no controlable, la información se obtiene mediante recuperación de testigos y ensayos geo mecánicos en campo. Las características de esta variable que influyen en la voladura son la resistencia de las rocas, orientación de discontinuidades, litologías (OSINERGMIN, 2017).

2.2.10 Clasificación Geomecánica del macizo

Según OSINERGMIN (2017) en la guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción y supervisión y cierre de labores subterráneas, las clasificaciones de los macizos rocosos, requieren poseer la máxima cantidad de información de propiedades del macizo rocoso, definición de las discontinuidades y condiciones hidrogeológicas.

Para clasificar un macizo rocoso se dividirá en dominios estructurales, con características similares como litología, espaciado de las juntas etc. Actualmente, en la U.M Inmaculada, se usa la clasificación de Bieniawski (R.M.R.).

2.2.10.1 Clasificación de Bieniawski (R.M.R.)

Esta clasificación está basada en el índice R.M.R. (Rock Mass Rating), la cual se basa en la resistencia a la roca matriz, condiciones del diaclasado, efecto del agua y posición relativa del diaclasado respecto de la excavación. Estos factores se cuantifican definiendo valores para cada parámetro, en cuyo caso la suma puede variar entre 0 y 100 (OSINERGMIN, 2017).

Los objetivos de esta clasificación son: dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga, proporcionar una buena base de entendimiento de las características, facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca. Proporcionar una base común para la comunicación efectiva entre todas las personas de un equipo. Se consideran 5 categorías:

a) Calidad de Roca

Se refiere a la resistencia de la roca intacta, sin discontinuidades estructurales. Se considera la resistencia a la compresión simple, la cual se puede determinar de forma sencilla con un equipo de ensayo de carga puntual, este valor no debe confundirse con la dureza, pero si se podría estimar la resistencia a la compresión simple mediante el producto de la dureza por la densidad aparente del macizo rocoso.

Además, para determinar la calidad de roca también se considera el uso de RQD, para considerar la frecuencia de fracturas que tiene el macizo rocoso.

b) Espaciado de las Juntas

Es un parámetro que tiene mucha influencia en la resistencia del macizo rocoso, así rocas de alta resistencia de 100 a 200 Mpa, que estén muy fracturadas y con un espaciamiento de las juntas de 5cm, corresponde a un macizo rocoso débil. Así entonces la resistencia de un macizo rocoso va disminuyendo según va aumentando el número de juntas.

Se recomienda usar la clasificación de Deere de los macizos rocosos, en lo referente a juntas.

Descripción del espaciado	Espacio entre las juntas	Tipo de macizo rocoso
Muy ancho	> 3 m	Solido
Ancho	1-3 m	Masivo
Moderadamente cerrado	0.3-1 m	En bloques
Cerrado	50 - 300 mm	Fracturado
Muy cerrado	< 50 mm	Machacado

Tabla 2Clasificación por espaciado de juntas

Fuente: OSINERGMIN, 2017.

c) Condición de las Juntas

Este parámetro consideras los siguientes factores:

Apertura: descripción cuantitativa, según Bieniawski es la siguiente:

Tabla 3	Descripción	cuantitativa	de apertura	de juntas.
1 4014 0	Description	cuultuuttiu	uc up ci tui u	ac junicus.

DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN		
Abierta	> 5 mm		
Moderadamente Abierta	1-5 mm		
Cerrado	0.1-1 mm		
Muy Cerrado	< 0.1 mm		

Fuente: OSINERGMIN, 2017.

d) Rugosidad

Se establecen 5 categorías de rugosidad: rugosa, ligeramente rugosa, suave y espejo de falla.

e) Dureza

De los labios de las discontinuidades, se considera 3 categorías: dura, media y blanda.

f) Relleno

De define por su espesor, tipo de material, consistencia y continuidad.

g) Presencia de agua

Se considera el flujo de agua en el macizo rocoso: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

h) Orientación de las discontinuidades

Se considera la orientación con respecto a la abertura subterránea. Con una condición favorable cuando las discontinuidades en rumbo se encuentran paralelas a la abertura u obra a realizar. La clasificación es la siguiente:

RUMBO PERPENDICULAR AL EJE			RUMBO			
DIRECCIÓN DIRECCIÓN		PARALELO AL EJE		BUZAMIENT		
SEGÚN	SEGÚN CONTRA		DEL TUNEL		0	
BUZAMI	ENTO	BUZAMIENTO				0-20°
Buzam.	Buzam.	Buzam.	Buzam.	Buzam.	Buzam.	(Independiente
45-90°	20-45°	45-90°	20-45°	45-90°	20-45°	del rumbo)
Muy	Favorabl	Regula	Desfavorabl	Muy	Regula	Desfavorable
Favorabl	e	r	e	Desfavorabl	r	
e				e		

Tabla 4	Orientación	de las	discontinuidades
	0110110000		

Fuente: OSINERGMIN, 2017.

En la siguiente tabla se encuentra los valores de los parámetros anteriores, así como los criterios usados para su valoración.

1	PARAN	ETROS		Es	CALA DE VA	LORES				_
1	(Paula)	and a feature	Bajo eurgs puntus)	> 80 kg/cm*	4n - so kp'cm'	20 - 40 koʻcm ⁴	10 - 20 kg/cm²	1.0	0 kg/cm ³	-
١	IDGE	infacta.	A complexion simple	> 1000 kg/em)	1000 - 2009 kg/cm²	500 - 1000 kg/cm²	250-500 kg/cm*	100-250 Na/cm ³	30 - 190 kg/vm*	10-30 Rg/am
	-	VAL	OK .	.13	12	.7	+.	Ť.	1	0
	1	H.Q	D.	90 9- 100 5	75 第二十0 第	50% 21%	23.9-50.5		< 25.5	
1	-	YAL	OR.	20	1 17	10		-	1	
	ESP	ACIADO D	E LAS JUNTAS	>3 m	1-3m	10,3 - 1·m	 59 – 309 eim 	_	< 50 m	m
1		VAL	OR	30	25	26	10		5	
		COND DE JUN	LCION LAS TAS	May regener sin continuided Cernedae, roces labice dura	Ligeraminate rugota nepstación < 1 mm Rocar labios dara	Ligeramonie regona mparación « 1 mm Eoca labios blanda	Europic de faile o reliens de suprioi < 5 mm o atien tat)-1 mm conté- nual	Tontieno t Ratieno t < 5 mm co	alando de alando de 5 abiertas altituas	ese espessy >5 mm
1	-	YAL	.OR	15	20	u	5		Ó	
1	10	FLUIO E	CADA 10 m	5 N II	GUNO	6 C25 1/min	o 25-125/1 min	0 21	25 Umin	11
5	AGUA	PRESION	DEL AGUA		0	6 0-0.2	0.2 - 0,5		> 0,5	
1		CONDICIO	NET GENERALES	Comple	tanenit acco	Rómedo agua intersticial	Agus a presión módulada	A	pia e pres incidentid	्रीस ब
1	1	VAL	OR.		0	1	4		0	

Tabla 5Parámetros de clasificación y sus valores.

Fuente: OSINERGMIN, 2017.

2.2.11 Resultados Post Voladura

Las voladuras tienen como objetivo principal la fragmentación del macizo rocoso mediante el uso de explosivos, y de esta manera obtener una pila de material bien fragmentado y que pueda facilitar su carguío. Además, otra serie de objetivos se tienen en cuenta como las vibraciones, onda aérea, proyecciones, producción de finos (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.2.12 Medición de Resultados de Fragmentación

Según Famesa Explosivos (2019) mediante una distribución granulométrica medimos la fragmentación post voladura, cuando se requiere realizar un estudio de sensibilidad de los parámetros de diseño.

Se tienen varios métodos para la obtención de esta curva como son: análisis cualitativo visual, método fotográfico, fotogramétricos, procesamiento digital de imágenes y estudio de productividad del equipo de carga.

La evaluación de la fragmentación mediante el procesamiento digital de imágenes se basa en el análisis de fotografías mediante Software, que cuantifica aspectos geométricos en dos dimensiones como: área, número, perímetro, forma, tamaño y orientación. Sin embargo, aún se tienen oportunidades de mejora debido al solape entre fragmentos y la asunción de la representatividad de fragmentación del total de la pila mediante la foto de la cara superficial del montículo.

El procedimiento de análisis comprende las siguientes etapas:

• Captación de la imagen mediante una cámara fotográfica, y digitalización automática, en formato de matriz de puntos elementales pixeles.

- Escalamiento de la imagen digital mediante un testigo de referencia colocado sobre la pila de fragmentos.
- Corrección de calidad de imagen digital.
- Delimitación de la imagen de fragmentos del resto del fondo de la imagen y segmentación de fragmentos.
- Corrección manual de la segmentación de fragmentos, ya que la digitalización automática no es 100% perfecta.
- Medición de fragmentos delimitados, se mide el diámetro de un círculo equivalente y los clasifica.
- Interpretación estereométrica, se transforma las figuras en dos dimensiones a tamaños volumétricos, este proceso exige el uso de relaciones empíricas y principios estereométricos.

Los fragmentos que están por debajo de los tamaños de los pixeles de la imagen se consideran finos, debido a que no pueden ser medidos, así el porcentaje de finos será calculado por los modelos predictivos de Kuz-Ram y Rosim Rammler, y se mostrará el resultado con coeficiente de determinación R2 más próximo a 1.

Para la digitalización manual de las imágenes, se requiere como mínimo unos 50 fragmentos para una correcta digitalización y gráfica de la distribución granulométrica.

Existen diversos softwares como Goldsize, Split Desktop y Fragscan. Para este proceso se sigue de la siguiente manera:

• Escala Física, se coloca una escala de diámetro conocido sobre la pila de material a evaluar.

- Mediante software se realiza el escalamiento por pixel por unidad de medida (pixel/mm, pixel/inch)
- Opción de auto digitalización de fragmentos mediante software.
- Corrección de delimitación de fragmentos.
- Resultado de la distribución de tamaños basados en los fragmentos definidos.
 Generación de informes de fragmentación.
- Gráfica de la distribución de tamaños.

2.2.13 Software Split Desktop

El software Split Desktop, es un programa desarrollado por Split Engineering que cuenta con el respaldo de la empresa Hexagon Mining, es considerado por la industria como uno de los mejores programas para determinar los fragmentos de roca tanto de forma manual, en donde a través de imágenes adquiridas en terreno con cámaras comerciales (profesional o dispositivo móvil), pueden ser analizadas en un computador portátil y así determinar la curva de distribución de fragmentos de roca en cualquier etapa de conminución. Dentro de Split-Desktop, las imágenes se escalan y editan manualmente para una precisión óptima. (Split Engineering, 2016).

2.2.13.1 Características del Software

Como características principales del software se tienen:

- Toda la interface de fácil manejo, organización de los archivos.
- Delineación de las partículas rápida, simple y mejor.
- Herramientas de edición óptimas, automatización y modificación de archivos scripts para ahorrar tiempo y proporcionar una personalización a su flujo de trabajo.

2.2.13.2 Proceso de Digitalización con Split Desktop

Según Split Engineering (2019) Split Desktop, permite analizar las imágenes de forma manual, es decir que el usuario selecciona la fotografía, escala y delinea para obtener la curva de fragmentación. El proceso de digitalización de este software es el siguiente:

• Abrir imágenes

Se selecciona las imágenes de distinta granulometría, recomendando empezar por la de menor tamaño en fragmentación, siguiendo por un tamaño intermedio y finalizando en las de mayor fragmentación. Para poder abrir una imagen en el software se sigue los siguientes pasos: Pestaña "archivo", luego "abrir imagen". En caso de analizar varias imágenes se sigue el mismo proceso para cada una de ellas, y se podrá visualizar imagen por imagen en el menú de la esquina superior derecha del software en pantalla.



Fotografía 1. Captura de Pantalla de Software Split Desktop

Fuente: Software Split Desktop



Fotografía 2. Imagen para análisis en Software

Fuente: Software Split Desktop

• Establecer escala

Las imágenes a delinear tienen que ser escaladas a un tamaño establecido, el cual se determinó en 5 pulgadas ubicadas en la fotografía tomada en posiciones opuestas y en extremos de la foto, de tal manera que se tenga un escalamiento uniforme en toda la imagen. Para lograr colocar la escala en la imagen se sigue los siguientes pasos: ir a la opción "imagen" y luego "set scale" en esta opción deberás introducir el tamaño de las escalas de manera independiente, previamente el cursor te permite delimitar el patrón tomado como escala.



Fotografía 3. Escala usada para procesamiento de imagen

Fuente: Software Split Desktop

• Delineación automática

El software Split Desktop, tiene la opción de delimitación automática de tal manera que entrega un resultado automatizado de las rocas fragmentadas, esta opción se logra con estas operaciones "delinear" y se muestra el siguiente menú.

Los parámetros mostrados en el menú permiten ajustar en mayor o menor medida los bordes automatizados a generar en los fragmentos de roca, esto se definirá de acuerdo al tipo de fotografía y al tamaño de fragmentos, es decir esta opción puede ayudar al usuario cuando se tienen fragmentos gruesos y bien definidos, mientras que si se tiene fragmentación fina la automatización puede generar errores por fragmentos no muy bien definidos, a continuación, se describe cada parámetro de este menú:

Ajustes de Delineación	REAL S.	
Menos delineación	Nivel de delineación	Más delineación
Mejoramiento de Identifica	ción de Rocas Grandes	-
☑ Utilizar auto-finos Menos finos	Part iculas identificadas como finos	Más finos
Aceptar		Cancelar

Fotografía 4. Captura de pantalla delimitación automática

Fuente: Software Split Desktop

Nivel de delineación, se recomienda colocar en la tercera línea desde menos delineación, ya que podría generar excesivamente líneas de más, lo cual implicaría una tarea de edición mayor.

Mejoramiento de identificación de rocas grandes, permite más precisión en la delineación. Utilizar auto finos, permite una mejor delineación.

Partículas identificadas como finos, se recomienda colocar en el punto medio para evitar finos de manera errónea. Después de realizar los ajustes de delineación hacemos click en "aceptar" y nos muestra las imágenes delimitadas, en donde las líneas azules serán los límites de las rocas.

• Ajuste manual de la delineación

Luego de la aplicación de la opción automática es necesario corregir la imagen de acuerdo a los resultados reales, delimitando mejor las rocas, se recomienda enfocarse en las partículas de mayor y mediano tamaño, ya que los fragmentos pequeños serán considerados como finos. Las siguientes herramientas permiten modificar las delimitaciones: borrador y pincel, permiten crear nuevas líneas y también borrar, teniendo cuidado en delimitar bien las rocas, ya que si están abiertas serán consideradas como rocas de mayor tamaño, para ello se verifica cada roca posicionándose sobre el fragmento y observar el área delimitada y corregir si es necesario. También es posible determinar algunas áreas como finos (color rojo), otras áreas pueden no considerarse en el estudio colocándolas de color celeste y por último las opciones de limpiar llenado, la cual corrige las dos opciones anteriores. Los motivos por los cuales se puede sacar de estudio algunas áreas son: elementos extraños como (pernos, fondos de imagen, shotcrete), imágenes borrosas, áreas con mucha sombra. Además, existe la opción de rehacer la última acción.

Fotografía 5. Imagen digitalizada con ajuste manual



Fuente: Software Split Desktop

• Resultados

Aquí se muestra la curva granulométrica de las imágenes delimitadas, con los datos de porcentajes pasantes. Se debe pulsar en "resultados" para mostrar la imagen siguiente:



Fotografía 6. Captura de pantalla resultados de análisis de fragmentación



Split da la opción de ajustar los tamices siguiendo estas operaciones, "Resultados" y a continuación "Opciones de resultados". Se abrirá una ventana en la que sí:

- Se selecciona la pestaña Serie Tamiz (Ver Figura 16) se agregan o eliminan los tamices que se necesiten.
- Se selecciona la pestaña Serie FXO (Ver Figura 17) editamos los datos % Passing.

2.04		Sevel Entry
0.0787		Add
0.258		(Salara)
0.375		Was
0.590		A REAL PROPERTY AND A REAL
1.05		
2.00		
4 08 6 00		Serie Selec
8.00		Lited.
10.2		Lave As
717		Ovlait
nin lands	Tarte	ne output under no builder Cambral Anthe

Fotografía 7. Opciones de resultados de tamaños



Fotografía 8. Opciones de resultados porcentaje pasante



Fuente: Software Split Desktop

Se tiene la opción de exportar los datos al programa Excel para seguir obteniendo información o conclusiones. Además, que podemos seleccionar diferentes tamices según requiera el usuario del software.

2.2.14 Predicción de los resultados de fragmentación

Nos referimos a fragmentación a la distribución granulométrica del material volado, y de acuerdo al tipo de proyecto que se lleve a cabo la fragmentación puede ser diferente, y se ve influenciada por variables controlables, así como de las características del macizo rocoso (Famesa Explosivos, 2019).

A la fecha, no se tiene un método exacto para predecir la fragmentación, sin embargo, varios investigadores han elaborado modelos empíricos como modelos informáticos como las simulaciones, así estos se pueden agrupar en:

- Modelos numéricos, se desarrollan en base a los principios de fracturación de las rocas, y ha permitido una mejor compresión de estas teorías. Su aplicación solo se ve en la simulación a pequeña escala con 1 o 2 taladros. Se continúa con su desarrollo.
- Modelos empíricos, son los más usados hoy en día, y se basan en las relaciones del macizo rocoso, diseño de las voladuras, y resultados de fragmentación. Dentro de este grupo se encuentra el método de KUZ-RAM, el cual ha sido modificado varias veces por Cunningham (1983, 1987, 2005).

2.2.15 Modelo KUZ-RAM

Según Cunningham et al. (1983) en su publicación The Kuz-Ram model for prediction and fragmentation from blasting, consiste en 4 expresiones básicas, la primera basada en la ecuación

de Rosin-Rammler, donde intervienen dos parámetros: un tamaño característico de la tendencia central (X50) y un índice de uniformidad (n):

$$P(x) = 1 - e^{-\log(\frac{x}{x_{50}})^n}$$

Donde:

$\mathbf{P}(\mathbf{x})$	=	Proporción del material que pasa la criba
X	=	Abertura de malla de la criba (cm)
X50	=	Abertura de malla para la que pasa el 50% de (cm)
n	=	Índice de uniformidad

Luego, la fracción de roca retenida en un tamaño de malla, se puede expresar como:

$$R = e^{-0.693.(\frac{x_{50}}{x})^n}$$

Donde:

R(x) = Proporción de material retenido en la abertura de malla "X" en cm.

La segunda ecuación está referida al tamaño medio de los fragmentos, correspondiente a Kuznetsov en 1973, en función de los parámetros de voladura:

$$x_{50} = A. Q_e^{\frac{1}{6}} \cdot \frac{1}{CE^{0.8}} \cdot (\frac{115}{S_{ANFO}})^{19/30}$$

Donde:

A = Factor de roca

Qe = Carga de explosivo del taladro

SANFO = Potencia relativa en peso del explosivo respecto al ANFO

CE = Consumo especifico del explosivo (kgm3/)

Cunningham, propuso calcular el factor de roca en base al índice de volabilidad de Lilly (1986,1992), mediante la siguiente ecuación:

$$A = 0.06. \left(RMR + RDI + HF \right)$$

RMD (DESCRIPCIO	RMD (DESCRIPCION DEL MACIZO ROCOSO)		
Puber	Puberilenio Trable		
Disctaso	do verticalmente	JF*	
i	Masnet	50	
JPS(espaciamiento	entre diaciasas verticales)		
	≥0.1 m	10	
0.	1 m a MS	-20	
м	8* 4 DP*	50	
JPA (ingalo de lo	s planos de los diacinsas)		
Bazamiento i	ucia filera del freste	30	
Rionibo per	30.		
Bizzomiento hacia el atterior del frense		40	
RDI (Influencia d	e în densidad de la roca)		
RDI=25 RD+ 30		RD, densidad de la roca (0m))	
HF (factor	de dureza (Gpa))		
1	IF = E/3	S1E-50	
HF	=0cs+6	SiE-50	
1.0	Significado	Undades	
MS-0 X0	Dutensionamento del sobretamaño	m	
DP	Durensionamento del esquena de perioración	Ū.	
Æ	Módulo de Vourg	Gpa	
UC8	Resistence a la compression surple	Mps	
IF(factor de dinchisas)-IPS-IPA			

Tabla 6Parámetros geomecánicas que determinan el factor de roca.

Fuente: (Famesa Explosivos, 2019).

Además, en 1987 Cunningham propone calcular el índice de uniformidad a partir de los parámetros de diseño de las voladuras, mediante la siguiente expresión:

$$n = \left(2.2 - 0 - 014.\frac{B}{D}\right) \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{SD}{B}\right) \cdot \left[0.5.\left(1 + \frac{S}{B}\right)\right] \cdot \left[\frac{l_f - l_c}{l_{lot} + 0.1}\right]^{0.1} \cdot \left(\frac{l_{tot}}{H}\right)}$$

Donde:

В	= Burden (m)
<i>S</i>	=Espaciamiento
D	= Diámetro de taladro (m)
lf	= Longitud de la carga de fondo(m)
lc	= Longitud de la carga de columna (m)
ltot	= Longitud total de carga
Н	= Altura de banco o profundidad del taladro (m)
SD	= Desviación típica de la precisión de la perforación (m)

Este valor puede variar entre 0,8 y 2,2. Un valor alto indica una fragmentación uniforme mientras que un valor bajo refleja cantidades grandes de finos como de gruesos. Las influencias de las variables de voladura en el índice de uniformidad se muestran en la tabla siguiente:

VARIABLE DISEÑO	N AUMENTA SI LA VARIABLE
B/D	Disminuye
L/H	Aumenta
S/B	Aumenta
Esquema al tresbobillo	Aumenta
Precisión de la perforación	Aumenta

Tabla 7	Influencia	de las	variables	de	diseño	en	"n".
I avia /	imuunua	ut las	variabics	uu	uischo	UII	

Fuente: (Famesa Explosivos, 2019).







Conforme n aumenta, la cantidad de finos y gruesos disminuye significativamente, a continuación, se presenta el siguiente gráfico donde se observa tres pilas de material volado con un mismo tamaño medio de roca, pero con diferente índice de uniformidad. Para estimar la distribución de fragmentación con el modelo KUZ-RAM, se sigue los siguientes pasos:

- Estimar el tamaño medio de los fragmentos de roca mediante la fórmula de Kuznetsov y los valores disponibles de factor de roca.
- Determinar el índice de uniformidad.
- Calcular el tamaño característico
- Usar la ecuación de Rosim-Rammler para estimar la curva de los porcentajes que pasan para diferentes aberturas de malla, a partir del tamaño característico y del índice de uniformidad.

Como limitaciones del modelo se tiene: la relación de S/B está aplicada al esquema de perforación y no a la secuencia de encendido. La secuencia de encendido debe ser tales que proporcionen una buena fragmentación, sin cortes ni fallas. El explosivo debe desarrollar la energía próxima a la potencia en peso calculada. La fracturación y homogeneidad del macizo rocoso requiere un cuidado estudio, especialmente cuando el espaciamiento entre discontinuidades es más pequeño que la distancia entre taladros (Famesa Explosivos, 2019).

Así mismo, se introdujo la variable de corrección de tiempo (At), que se determina según si el cociente entre T/Tmax se encuentra entre 0 y 1. (Cunningham, The Kuz-Ram fragmentatión model - 20 years on, 2005)

$$At = 0.66 \left(\frac{T}{Tmax}\right) \cdot 3 - 0.13 \left(\frac{T}{Tmax}\right) 3 - 1.58 \left(\frac{T}{Tmax}\right) + 2.1$$
$$At = 0.9 + \left(\frac{T}{Tmax}\right) + 2.1$$

Donde:

T =Tiempo de retardo entre taladros

Tmax =Tiempo de retardo óptimo entre taladros de una fila para conseguir la fragmentación máxima, y que se calcula con la siguiente expresión:

$$Tmax = \frac{15.6}{Cx}.B$$

Donde:

B =**Burden** (m)

Cx =Velocidad de las ondas longitudinales (km/s)

Aparte según la publicación de actualización del 2005 del modelo de Cunningham en la publicación The Kuz-Ram fragmentatión model - 20 years on, propone incluir en el índice de uniformidad un nuevo término para tener en cuenta la precisión de los detonadores. La denomina ns:

$$ns = 0.206 + (1 - Rs/4)^{0.8}$$

Siendo:

Rs la ratio de dispersión, que se calcula a partir del tiempo de retardo entre taladros deseados (Tx) y la desviación típica del sistema de iniciación empleado (σt)

De las tres ecuaciones básicas que intervienen en este modelo las que incorporan los factores de corrección o de calibración de las curvas granulométricas teóricas a las que se obtienen en la realidad quedarían de la siguiente forma (Cunningham, The Kuz-Ram fragmentatión model - 20 years on, 2005).

$$Xm = A.At.CE^{-0.8}.Q^{\frac{1}{6}}.\left(\frac{115}{RWS}\right)^{\frac{19}{20}}C(A)$$

Donde,

Xm	=	T ama ñ o medio de fragmento
Α	=	Factor de roca
At	=	Corrección de tiempo
CE	=	Consumo específico o factor de carga (<i>kg/m3</i>)
Q	=	Carga explosiva por taladro (kg)
RWS	=	Potencia relativa en peso
C(A)	=	Factor de corrección

$$n = n_s \cdot \sqrt{2 - \left(\frac{30B}{d}\right)} \cdot \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}\right) (1 - \frac{W}{B}) (\frac{L}{H})^{0.3} C(n)}$$

r

Donde,

Ns	=	Factor de corrección por precisión de detonador
В	=	Burden (m)
d	=	Diámetro de taladro (m)
S	=	Espaciamiento (m)
W	=	Desviación típica

L	=	Longitud total de carga (m)
Н	=	Profundidad del taladro (m)
C(n)	=	Factor de corrección

2.2.16 Modelo del Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre

Esta entidad australiana, luego de muchas investigaciones en fragmentación determinó dos modelos: el modelo de la zona de trituración (Crush Zone Model o CZM) y el modelo de los dos componentes (Two Component Model o TCM). Ambos modelos son extensiones del modelo inicial KUZ-RAM, pero consideran una zona de influencia del taladro donde se generan finos porque los esfuerzos generados superan la resistencia a la compresión de la roca (Djordjevic, 1999).



Gráfico 4. Esquema de la zona triturada de un taladro de voladura

Fuente: (Famesa Explosivos, 2019).

• Modelo De La Zona Triturada

Este modelo conocido como Cruzh Zone Model CZM, considera dos distribuciones diferentes tanto para el material grueso como para el material fino, las cuales se unen en un tamaño característico (Xc) que depende de las propiedades del macizo rocoso.



Gráfico 5. Distribución de los tamaños finos y grueso en el modelo CZM.

Fuente: (Cunningham, The Kuz-Ram fragmentatión model - 20 years on, 2005).

La parte gruesa de la fragmentación está definida de manera similar a la de KuzRam, con cambios en el índice de uniformidad y factor de roca A. Para términos de la investigación solo se aplicará la corrección en la parte fina de la estimación de fragmentación donde se observó sobreestimación en el modelo inicial de Kuz-Ram.

La parte fina en la distribución de fragmentación está definida por el radio de influencia en el taladro, en donde los esfuerzos de compresión generados por la detonación de una carga explosiva superan la resistencia a la compresión simple de la roca circundante. (Onederra, 2024)

$$r_c = 0.812. r_0. (\text{CZI})^{0.219}$$

Siendo:

 r_o = Radio de taladro (mm)

CZI=Crushing zone index

σc =Resistencia a la compresión simple de la roca

σc =Resistencia a la compresión simple de la roca

CZI es un índice que identifica el potencial de trituración de un taladro cargado y es calculado de la siguiente manera:

$$CZI = \frac{(Pb)^3}{(K).(\sigma c)^2}$$

Siendo:

Pb = **Presión de detonación** (Pa)

K = Rigidez de la roca (Pa)

 $\sigma c = Resistencia a la compresión simple (Pa)$

La variable K rigidez de la roca, es definida asumiendo que el material dentro de la zona de trituración es homogéneo e isotrópico y es calculado de la siguiente manera:

$$K = \frac{Ed}{(1) + (Vd)}$$

Siendo:

Ed = Modulo de Young (Pa)

Vd = Radio de Poison

Este modelo ha tenido mejores resultados predictivos que otros enfoques, y es validado por la confirmación con la data obtenida de voladuras escaladas con las mismas condiciones, los resultados se muestran en el documento "Estimation of fines generated by blasting – applications

for the mining and quarryng industries" publicado por The University of Queensland mediante el Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre JKMRC.

Teniendo ambas distribuciones, gruesa y fina, se ubica un punto de unión que es determinado por el porcentaje que representa el material fino en la zona triturada.

La parte de finos de la distribución de fragmentos viene dada por:

$$P(x) = 100(1 - \exp(\ln(1 - P(X_c)) \cdot (x/X_c)^{n_{finos}}))$$

Donde:

P (<i>x</i>)	=	Proporción del material que pasa la criba
P(Xc)	=	Pasante tamaño medio Xc
X	=	Abertura de malla de la criba (cm)
Xc	=	Abertura de malla para la que pasa el tamaño característico (cm)
n <i>finos</i>	=	Índice de uniformidad para zona de finos

Donde *nfinos* es el índice de uniformidad de la distribución de finos. Este índice es calculado partir de la ecuación de Rosin-Rammler, sustituyendo los valores de las fracciones del material triturado con el tamaño de 1mm.

$$n_{finos} = \frac{\ln(\frac{\ln(1 - Fe)}{\ln(1 - P(x))})}{\ln(\frac{1}{X_c})}$$

Fe = fracción de material triturado

P(x) = porcentaje pasante

Xc = tamaño medio (m)

Nfinos = coeficiente de uniformidad para fracción fina

2.2.17 Ore Sorting

Ore Sorting es la clasificación de minerales antes de los sub siguientes procesos de concentración, como la molienda, para ello requiere de una serie de sensores que identifican diferencias en las partículas alimentadas al sistema, mediante una faja transportadora, y de esta manera logra separar mineral del desmonte (Greiff et al., 2022).

2.2.17.1 Proceso Ore Sorting

Wotruba y Harbeck en su libro Sensor Bases Sorting en el año 2010, denomina el termino clasificación por sensores a todos los procesos de planta donde por medio de sensores se identifican y caracterizan partículas individualmente, para luego ser clasificadas por un sistema mecánico de eyección. Estos sensores pueden detectar: radiación, densidad, color, brillo, absorción, reflexión, conductividad térmica, fluorescencia, etc. Los dos tipos de clasificadores son: de faja y de tolva, los cuales se aprecian en las imágenes (Greiff et al., 2022).





Fuente: Greiff, et al., 2022



Fuente: Greiff, et al., 2022

Según Foggiatto et al. (2014) el principio de funcionamiento se basa en 5 subprocesos, que influyen en el rendimiento de la planta:

- Acondicionamiento del material, generalmente los sorters o clasificadores pueden procesar rocas de ³/₄ de pulgada hasta 6 pulgadas, ya que estos tamaños están preparados en la detección y separación con aire comprimido. Estas máquinas además pueden llegar hasta una capacidad de 100 toneladas por hora de tratamiento.
- Se usan sistemas de transporte personalizado para presentar la partícula de manera independiente y así la expulsión neumática sea eficiente, ya que las partículas muy grandes podrían cubrir a las pequeñas y en caso contrario partículas muy finas podrían ser arrastradas hacia la fracción rechazada por turbulencias en la cámara de rechazo cuando se rechazan partículas grandes. De esta manera la relación del coeficiente de

tamaño rango, que es la relación entre la partícula más grande y la pequeña debe ser de (3:1).

- Presentación del material, el objetivo es tener una sola capa de material con elementos individuales, es decir que no se toquen entre sí, para la posterior detección, evaluación y eyección de las partículas según su caracterización.
- Detección, se usa una serie de sensores con aplicación en la industria de los minerales, para la detección de las partículas.
- Procesamiento de datos, se tiene un algoritmo que evalúa diferentes parámetros y decide si los fragmentos son destinados a la bandeja de rechazo o aceptados. Estos algoritmos son alimentados de diferentes datas para generar una clasificación previamente definida.
- Para derivar la decisión, se pueden evaluar y combinar todos los parámetros de los datos multidimensionales (información espacial e información de propiedades) para introducir patrones y combinaciones de propiedades en algoritmos de clasificación inteligentes y confiables.
- Separación mecánica, se da mediante una serie de válvulas de aire de alta velocidad, que se ubican al final de la faja transportadora, con el objetivo de separar el material aceptado que sería el concentrado y el material rechazado que sería el desmonte.

2.2.17.2 Beneficios Ore Sorting

En el libro The economics of large scale ore Sorting, menciona los siguientes beneficios (Foggiatto y otros, 2014).

a) Reducción de costos de procesamiento

Los costos específicos por tonelada de los procesos de trituración, lixiviación, así como fundición se reducen, debido a que el mineral sin valor económico se rechaza del flujo de explotación de la mina. Esto conlleva a una reducción en el consumo de energía y reactivos, ya que los residuos contribuyen a un mayor uso de insumos en los medios de desgaste como molienda acompañados de energía.

Además, se tiene una influencia en la ley de corte, debido a que la alimentación de ley más alta puede llevar a una mayor recuperación en el concentrador, así como en la fundición, así los bloques de mineral altamente diluidos pueden llegar a ser reservados.

Realizando un análisis integral de minas y plantas, se podría introducir la preconcentración en el método minero cuando se realiza minería en masa en lugar de extracción selectiva con el uso de sensores

b) Reducción de costes de transporte.

La implementación de esta tecnología es flexible a la operación y requiere poca infraestructura, pudiendo aplicarse en ubicaciones claves en las operaciones mineras.

Las plantas concentradoras se encuentran en muchos casos a kilómetros de distancia de la operación minera, por lo cual resultada de gran rentabilidad el transporte solo del material rico en mineral y el desmonte ser acumulado en zonas aledañas. Además las pre concentración puede ser semi móvil o estacionaría de tal manera que la distancia de transporte o de desmonte sea la menor posible.

c) Sostenibilidad

La técnica de pre concentración mediante sensores, requiere pocos recursos como agua, energía y elimina los reactivos a usar. Además, son estructuras pequeñas comparadas con las plantas de concentración convencionales, así los desechos que generan son fragmentos gruesos que tienen menos superficies que reaccionan químicamente lo cual reduce el impacto del drenaje ácido de las minas.

De acuerdo al caso este tipo de residuo se puede vender como agregados, lo cual contribuye a la rentabilidad como a la utilización de la reserva. Además, como se mencionó anteriormente contribuye a reducir la ley de corte por lo tanto al incremento de los recursos.

En general, la pre concentración basada en sensores genera beneficios económicos, ambientales y sociales a las operaciones mineras.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Taladros Largos

Usa los principios voladura en banco de las explotaciones a cielo abierto aplicadas a un medio subterráneo. Solo se trabaja en dos subniveles, en uno de ellos se realiza perforación y en el otro la extracción, este método se complica principalmente en la operación de arranque y pocas veces en la preparación de los subniveles. Sin embargo, el principio de explotación es muy similar al de cámaras por subniveles convencional "sublevel stoping" (Lopez Jimeno et al., 1987).

2.3.2 Resultados de Fragmentación

Uno de los objetivos primordiales de la voladura de rocas es el requerimiento de fragmentar el macizo rocoso para facilitar una excavación rápida. Por ello se debe considerar como uno de los índices principales del funcionamiento del explosivo.

Se pueden lograr estimaciones a los parámetros usados para los diseños de voladura, pero estas serán solo estimaciones iniciales usando parámetros medibles como diámetro del taladro, tipo de explosivo y retardo, sim embargo la sintonía fina y la optimización de diseños, requiere un conocimiento más íntimo de la interacción compleja entre el macizo rocoso local, el explosivo empleado y el tipo de retardo. Este conocimiento más íntimo puede venir sólo de mediciones cuantitativas y monitoreo de los resultados de la tronadura. (McKenzie, 1994).

2.3.3 P80

Este término se refiere a la medición de la fragmentación de rocas donde se determina que el 80 por ciento del material evaluada tiene una fragmentación por debajo de lo indicado en el valor de P80. (McKenzie, 1994)

2.3.4 KUZ-RAM

La ecuación de Kuznetsov proporciona una estimación del tamaño medio, o sea, el tamaño del tamiz por el cual pasa el 50% de la roca. Mientras que la segunda ecuación de Rosin Rammler, define un punto de partida de la curva y la pendiente de esta mediante la estimación de la variable "n", de esta manera se puede estimar una curva de distribución completa post voladura.

Para obtener una expresión para el cálculo de n, Cunningham (1983) usó la teoría moderna de fracturas para obtener una relación entre n y los siguientes factores (Cunningham, The Kuz-Ram fragmentatión model - 20 years on, 2005).

- Exactitud de la perforación.
- Relación del burden al diámetro de hoyo.
- Relación espaciamiento/burden.
- Relación del largo de la carga a la altura de banco.

Este modelo ah demostrados predecir de manera satisfactoria los tamaños gruesos, sin embargo, es menos exacto en los fragmentos más finos, esto se demuestra gracias a la extensa aplicación del modelo en datos existentes como en nuevos experimentales. Cunningham subraya que la exactitud es más importante para la fracción gruesa (sobre tamaño) que para la fracción fina.

2.3.5 Factor de Roca (A)

Lilly en 1986 desarrolló un índice de tronabilidad basado en una combinación de propiedades físicas y estructurales de la masa rocosa a ser tronada. Este índice tiene una base similar que el sistema de clasificación de la roca desarrollado por Bieniawski, Barton y Hansagi, y que se usó con el modelo Kuz-Ram desarrollado por Cunningham (1983). (McKenzie, 1994)

$$BI = 0.5 (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

Estos valores se pueden apreciar en la Tabla 6. Parámetros geomecánicas que determinan el factor de roca, a continuación, se describen las variables indicas en la fórmula, donde:

BI es el índice de tronabilidad

RMD es la descripción de la masa rocosa (Rock Mass Descriptión)

JPS se refiere al espaciamiento de los planos de diaclasas

JPO se refiere a la orientación de los planos de diaclasas

SGI es la influencia de la gravedad específica

H la influencia de la dureza.

Lilly también relacionó su índice al factor de roca A, requerido para ingresar al modelo Kuz-Ram:

$$A = 0.12 BI$$

La importancia relativa de los diferentes parámetros para decidir la fragmentación producida por la tronadura está subrayada en el índice de Lilly. (McKenzie, 1994)

2.3.6 Factor de Potencia

Éste es el término usado para describir la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca, el término tiene por eso las unidades de kg/m3 o kg/ton. Algunos también toman en cuenta la potencia en peso de explosivo para expresar el peso de explosivo como equivalente a la potencia en peso equivalente al ANFO, o sea, Wteff = Wt* potencia en peso relativa. Otros usuarios prefieren usar un término inverso del factor de la carga, para describir el peso de roca quebrada por unidad de peso de explosivo (ton/kg). (McKenzie, 1994)

2.3.7 Dispersión de tiempo de detonadores

La naturaleza de los compuestos pirotécnicos es tal que los elementos de retardo no reaccionan a una velocidad de reacción constante, independiente del grado de control de calidad sobre las condiciones de fabricación, pero más bien dentro de tolerancias especificadas. Mayormente los detonadores pirotécnicos variaran su detonación alrededor de un tiempo medio, esto se debe a las variaciones de los compuestos en peso y volumen en la elaboración de los retardos. Así también las condiciones donde se aplicará estos retardos pueden afectar en los tiempos de detonación y posterior dispersión por ejemplo por altas de temperatura.

El control absoluto sobre todos estos parámetros no es factible y como tal la variación es una propiedad inherente a los elementos pirotécnicos de retardo. (McKenzie, 1994)

2.3.8 Rock Mass Rating (RMR)

Esta clasificación, se basa en el índice R.M.R. "Rock Mass Rating", que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores: a. Resistencia de la roca matriz. b. Condiciones del diaclasado. c. Efecto del agua. d. Posición relativa del diaclasado respecto a la excavación. Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros, definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso, nos da el índice de calidad R.M.R., que varía entre 0 y 100. Los objetivos que se persiguen con esta clasificación son: 1. Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga. 2. Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso. 3. Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería. 4. Proporcionar una base común para la comunicación efectiva entre todas las personas que trabajan en un determinado problema de geomecánica. Se clasifican las rocas en 5 categorías. (OSINERGMIN, 2017)
2.3.9 Ore Sorting

Se refiere a la clasificación por sensores a todos los procesos de planta donde por medio de sensores se identifican y caracterizan partículas individualmente, para luego ser clasificadas por un sistema mecánico de eyección. Estos sensores pueden detectar: radiación, densidad, color, brillo, absorción, reflexión, conductividad térmica, fluorescencia, etc. (Greiff et al., 2022).

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LINEA BASE Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL DISEÑO DE VOLADURA

La voladura de rocas depende de una relación directa con las operaciones unitarias de perforación y carguío para lograr una fragmentación requerida de acuerdo a los objetivos de la unidad minera. Además, es importante previamente identificar los parámetros que afectan a la fragmentación de la roca los que se pueden clasificar en dos grupos: El primer grupo de parámetros controlables de diseño relacionados con explosivos, accesorios y diseños geométricos; y el segundo son los parámetros no controlables como las propiedades físicas (litología, mineralogía

etc.) y geomecánicas de la roca. A continuación, se presenta el diagrama de flujo que se representa la metodología usada para el caso de estudio.



Gráfico 8. Diagrama de flujo del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Estudio de línea base

En primera instancia se realizó el levantamiento de línea base para determinar la influencia de la variable no controlable del terreno como el número de fracturas por metro lineal asociado directamente con el RMR de la roca y clasificación de la roca y la variable controlable como longitud de carga explosiva y retardo entre taladros para determinar la relación con el nivel de fragmentación de rocas obtenido.

Posteriormente se realizó un análisis de fragmentación en minado de taladros largos, tanto en tipo de roca IIIB y IVA, en donde se evaluó el diseño actual de voladura, que contempla el uso de detonador no eléctrico con tubo de choque de periodo largo 500ms y emulsión encartuchada de potencia 1000, 3000 y 5000 de dimensiones 1 1/2" de diámetro y 24" de longitud.

3.1.1 Reportes de perforación y voladura para el estudio de línea base

Para el estudio de línea base se realizó el seguimiento a 12 voladuras en breasting para identificar la influencia de los parámetros de roca y diseño de voladura que influencian en los resultados granulométricos, por lo cual se tuvo 6 voladuras en tipo de roca IVA y 6 voladuras en tipo de roca IIIB, posterior a las voladuras se tomó las fotografías a la pila de mineral fragmentada para su procesamiento en el software Desktop Split.

La tabla 12. Tabla de reportes de perforación y voladura para línea base, muestra el resumen de los datos obtenidos del seguimiento de las voladuras en breasting desde el 15-05-2021 hasta el 21-06-2021, las cuales estuvieron enfocadas en la determinación del nivel de fragmentación actual, con la tecnología de fotografías digitalizadas, de los diseños actuales de voladura, que contemplan el uso de emulsión encartuchada con accesorios tipo fulminante no eléctrico de periodo largo 500 ms entre taladro.

FECHA	TIPO	NIVEL	VETA	LABOR	TIPO DE ROCA	RMR	NRO FRAC/METR(🚽	LONG.DE CARGA 🗸	KG EXPLOSIVO	TONELAJE ROTO 👻	FACTOR DE POTENCIA (kg/tn)	P80 (pulg 🚽	% PASANTE DE 5"	%PASANTE EN 3/4"	% entre 5" y 3/4"
15/05/2021	BREASTING	4330	BARBARA	TJ8202	IVA	31-40	15	3.5	56.53	139.54	0.41	4.14	85.0	48.6	36.46
30/05/2021	BREASTING	4330	BARBARA	TJ8202	IVA	31-40	15	2.8	75.17	194.25	0.39	6.44	95.0	22.2	72.77
31/05/2021	BREASTING	4330	BARBARA	TJ8202	IVA	31-40	15	3.5	84.49	211.14	0.40	6.47	70.0	24.3	45.68
31/05/2021	BREASTING	4345	MILLET	TJ5100	IIIB	41-50	9	2.8	70.64	163.47	0.43	6.89	86.2	28.8	57.45
2/06/2021	BREASTING	4345	MILLET	TJ5100	IIIB	41-50	9	2.8	79.96	203.58	0.39	6.76	70.0	40.2	29.84
5/06/2021	BREASTING	4480	RUBI	TJ6100	IIIB	41-50	7	3.5	46.44	133.06	0.35	8.47	71.2	23.7	47.41
7/06/2021	BREASTING	4300	RUBI	TJ4200	IIIB	41-50	7	2.8	48.08	144.46	0.33	5.36	77.5	19.7	57.86
11/06/2021	BREASTING	4345	MILLET	TJ5100	IIIB	41-50	9	3.5	68.45	196.38	0.35	6.06	73.0	27.7	45.27
12/06/2021	BREASTING	4330	ANGELA	TJ8202	IVA	31-40	12	2.8	60.38	339.15	0.18	6.26	70.8	19.6	51.25
15/06/2021	BREASTING	4330	ANGELA	TJ8202	IVA	31-40	12	3.5	32.71	107.19	0.31	4.44	84.1	35.8	48.27
19/06/2021	BREASTING	4315	KEYLA	TJ8803	IVA	31-40	16	3.5	17.50	52.00	0.34	4.98	80.1	42.0	38.14
21/06/2021	BREASTING	4300	MILLET	TJ 4200	IIIB	41-50	9	2.8	64.77	170.28	0.38	6.99	70.2	16.0	54.21

Tabla 8Tabla de Reportes de Perforación y Voladura para Línea Base

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.1 Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 15-05-21

Para la recolección de los datos actuales de perforación y voladura se elaboró un formato de reporte denominado línea base de perforación, voladura y fragmentación, donde se obtuvo los datos principales para la investigación. En total se realizó 12 reportes, de los cuales se muestra a detalle el primer reporte, y los demás similares se encuentran como anexos en la presente tesis.

<u>REPORTE DE P</u>	ERFOR	ACÍON Y N	OLAD	OURA, CO	ON AN	ALISIS D	E FRA		<u>NC</u>
FECHA	15/05	/2021					- ragine		
NIVEL	43	30							
LABOR	T.I8	202							
SECCION (m)	3.8	4				10.00	16		
	BAR	BARA			1.00	10.02	10	10	
TURNO	DAIN				1.12	1. 1.	10		
	IN IN	/Δ			4	al alter	-8 I		
BMB	31	-40			100		1		
		10			1100	7.0		•	
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad			18/2	1 1		Sec. 1	
Densidad	T/m ³	2.5			100.8	AND DO THE		1000	
N° de fracturas /metro	f/m	15			2-14		MR 11	ADDC - ADD	
Ancho de cara libre	m	1			STOCK T	Marris.	STOL 1	A DESCRIPTION OF	
Longitud de Barra	Pies	14			102.8	New York	110	T	
Longitud de taladro	m	3.8	1		and the	15 18 21			-
Ø taladro de produccion	mm	45	1		Nº Same	No. of the lot		STATE AND INCOME.	
Ø taladro de alivio	mm	45				1.14	10801		- 9
N° de Taladros cargados	Und	23				A 468.4	13.51	1. C	
N° de Taladros de alivio	Und	4			10	CAC.	Media	- 10 C	
Longitud de carga	m	3.5				1000	0. Hall	COLUMN	
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVO PERFORACIÓN	OS CON JUM	BO		0.266 CART	JCHOS	POR TALA	0.25 DRO	ACCESORI	OS
DESCRIPCI				E 3000 1.1	/4"x12"	E1000 1.1	/4"x12"	Retardo	Cont
DESCRIPCI			IN- I di	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Fanel®	Gant.
Taladro de Recorte (Corona)									
Taladro de Alivio (Rimados)									
Taladro de Produccion			12	0	0	10	120	LP 1,2,3,4,5,6,7,8	12
Taladro de caja piso			4	2	8	7	28	LP 7,8,9,10	4
Taladro de caja techo			2	1	2	8	16	LP 9 10	2
Taladro de corona			5	1	5	8	40	LP 2,4,6	5
TALADROS PERF	ORADOS		23	Total cart:	15	Total cart:	204		
KILOGRAMOS DE E	XPLOSIV	C	54.99	3.99	Kg	51.00	Kg		23
RESULTADOS:	Unidad	Cantidad			to an un-sa	10740700			
Volumen roto	m ³	54.72		Jan	ano ce D	Patroven			
Tonelaje roto	т	136.80	- 7		OF FECH	A BOADY			
Avance/disparo	m	3.60	1.1		_	- All			-
Factor de Avance	Ka/m	15.28						* beautil	MARINE MURALINE
Factor de Corgo	14/3	1.00	8 H			12		100	<u>小和</u> 外和
Factor de Datancia	r∖g/m² Ka/T	0.40	5			1		10	4.3
Pactor de Potencia	ng/l	0.40	8	-		-		100	1.00
P80	Pulgadas	4.14	2	1				The second	1.15
% Pasante en 5" (127mm)	%	85.04	-ba			1		Trease In. Son	10.04
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	48.58		1				Contraction of the	- 11 F.L.
				Au					
OBSERVACION	ES:		n 🖬 o	a n	54	oribit)	-12-		

Reporte 1. Línea base de perforación, voladura y fragmentación TJ8202.

Fuente: Elaboración Propia

En el reporte No. 1. Se observa los parámetros actuales de perforación y voladura del TJ8202 breasting en el nivel 4330, con un total de 23 taladros perforados de longitud de 3.8 m. cada uno, en un tipo de roca IVA, como explosivo se usa emulsión encartuchada de potencia 3000 y 1000 con accesorios tipo detonador pirotécnico de periodo largo. Este diseño actual de voladura contemplo un factor de potencia de 0.40 kg/tn y como resultados de fragmentación, luego del análisis en el software Desktop Split, se obtuvo un P80 de 4.14 pulgadas, un porcentaje pasante de 5 pulgadas de 85.04% y un porcentaje pasante de 3/4 de pulgada de 48.58%.

3.1.2 Análisis de la variable controlable

Del levantamiento de línea base, se analizó 2 variables controlables que afectan directamente a la fragmentación las cuales son: longitud de carga referida a la cantidad de explosivo y retardo entre taladro referida al tipo de accesorio a usar.



Gráfico 9. Relación entre longitud de carga y fragmentación

Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis del gráfico 9. se puede observar que, al aumentar la longitud de carga a 3.5m se incrementa el porcentaje de finos a 33.7%, sin embargo, se mantiene el porcentaje pasante de 5" a 78%. En cambio, al usar una longitud de carga de 2.8m observamos que los finos se encuentran en 24.4%, eso implica un 9.3% menos. Esto se explica debido a que el explosivo genera un área de trituración alrededor del taladro, mientras mayor carga explosiva, mayor área de trituración y por ende generación de finos en el taladro, de acuerdo a las investigaciones en fragmentación de la entidad australiana Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, determinó dos modelos: el modelo de la zona de trituración (Crush Zone Model o CZM) y el modelo de los dos componentes (Two Component Model o TCM). Ambos modelos son extensiones del modelo inicial KUZ-RAM, pero consideran una zona de influencia del taladro donde se generan finos porque los esfuerzos generados superan la resistencia a la compresión de la roca.

Del grafico 9. Podemos deducir que, mediante una distribución adecuada de energía del explosivo a lo largo de la longitud de taladro, se podría obtener una fragmentación homogénea aumentando el porcentaje objetivo entre 5" y ³/₄".



Gráfico 10. Malla de Voladura con uso de Fulminante de Periodo Largo

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 10. Se observa una malla de voladura con uso de fulminante periodo largo, la cual es otra variable que también influye en la fragmentación, en este caso según malla se puede observar que los retardos entre taladros son de 500 ms, y los resultados granulométricos reflejan mayor cantidad de gruesos. Por tal motivo se plantea usar retardos entre taladros de menor tiempo (Fulminantes no eléctricos duales de 17 ms o detonadores electrónicos de tiempos programables con intervalos de 1ms) para obtener una fragmentación homogénea.

3.1.3 Análisis de la variable no controlable.

En las 12 voladuras evaluadas como línea base del estudio, se solicitó al área de geomecánica de la unidad la caracterización de la roca mediante la clasificación por RMR de Bieniawski y la variable de número de fracturas por metro lineal. De esta manera se observó la relación entre el nivel de fragmentación de la roca con la variable no controlable en el diseño de voladuras.

En las labores monitoreadas se han encontrado desde 7 hasta 16 fracturas por metro lineal.

En el gráfico 11, se realiza un análisis del número de fracturas por metro comparado con la fragmentación en tipo de roca IIIB, se observa la influencia en la cantidad de finos generados, incrementando en 6.5% el porcentaje pasante de ³/₄ de pulgada, en un primer caso con 9 fracturas y en segundo caso con 7 fracturas por metro lineal.



Gráfico 11. Análisis de número de fracturas y fragmentación Roca IIIB

Fuente: Elaboración Propia.

En el grafico 12. Se muestra la relación de número de fracturas por metro comparado con la fragmentación en tipo de roca IVA, se observa la influencia en la cantidad de finos generados con un máximo de 42% pasante de ³/₄ de pulgada con 16 fracturas por metro lineal, en segundo caso con un porcentaje de 31.7% pasante de ³/₄ de pulgada con 15 fracturas por metro lineal, mientras que con 12 fracturas se tiene un 27.7% pasante de ³/₄ de pulgada. Se observa claramente la influencia que tiene esta variable no controlable en los resultados granulométricos post voladura.



Gráfico 12. Análisis de Número de fracturas y fragmentación Roca IVA

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa una relación directa entre el número de fracturas por metro y la generación de fragmentación fina por debajo de ³/₄", es decir que a mayor número de fracturas obtendremos mayor cantidad de finos. Esto influye en el porcentaje de fragmentación objetivo (entre 5" y ³/₄") la cual se ve afectada por el exceso de fragmentación fina. Además, debemos considerar que la variable de numero de fracturas del terreno asociada a la calidad de la roca no puede ser controlable ya que es una condición inherente del terreno.

3.1.4 Reporte de perforación y voladura de fragmentación en Taladros Largos

Una vez identificado las relaciones entre las variables controlables y las no controlables en los resultados de fragmentación de las voladuras, se realizó el seguimiento a los resultados granulométricos en las voladuras de taladros largos clasificados de acuerdo al tipo de roca.

Para la evaluación del tipo de roca IIIB nos enfocamos en el TJ8000 del nivel 4265 al 4280, mientras que para la roca tipo IVA evaluamos el TJ7200 del nivel 4330 al 4345.

Los reportes y gráfico comparativos se muestran a continuación.

3.1.4.1 Análisis de fragmentación TJ 8000

Se realizó la evaluación de la fragmentación en el tajo TJ8000 del nivel 4265 al 4280 correspondiente al proyecto AC802455, con una longitud de taladro de 16.6 metros. Los datos se muestran en la tabla 9.

DATOS GE	NERALES		DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad
NIVEL	4265	4280	Densidad	T/m ³	2.6
LABOR	TJ 8000	AC802455 Vn14NE	N° de fracturas /Nv Sup	f/m	14
SECCION (m)	37	1/1.6	N° de fracturas /Nv Inf	f/m	12
	5.7	14.0	Ancho de cara libre	m	-
LONG. TALADRO	16.6		Longitud de Barra	Pies	-
VETA	Barbara		Longitud de taladro	m	16.6
BXS (m.) FILAS	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64
	0.9		Ø taladro rimado	mm	127
	0.0		Nº de Taladros cargados	Und	44
TIPO DE ROCA	IIIB	Andesita	N° de Taladros de alivio	Und	7
RMR	45		N° de Taladros de Rimado	Und	6

Tabla 9Tabla de datos de perforación y voladura TJ 8000 Nivel 4265 al 4280.

El gráfico 13. Muestra el esquema para la secuencia con accesorio fulminante no eléctrico antiestático de periodo largo, mínimo 500 ms de retardo entre taladro, el amarre de malla se realiza con cordón detonante tipo 5P e iniciador de malla detonador ensamblado y mecha rápida.



Gráfico 13. Gráfico de Diseño de Secuencia y Carguío

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla 10. Muestra la distribución de los explosivos usados en el diseño actual de SLOT o cara libre, considerando emulsión encartuchada de potencia 5000 en toda la columna de carga con un total de 416 cartuchos, además se usa emulsión encartuchada de potencia 3000 para la zanja de SLOT, con un total de 222 cartuchos. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choque y retardo de período largo 500 ms. Se detono un total de 18 taladros para este diseño. Seguidamente se continuo con el disparo de las filas de producción como un segundo evento, donde se consideró uso de emulsión encartuchada de potencia 3000 con un total de 748 cartuchos, además de emulsión encartuchada de potencia 1000 con un total de 144 cartuchos para el carguío de los taladros de caja techo y controlar la estabilidad del tajo. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choque y retardo de caja techo y controlar la estabilidad del tajo. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choque y retardo de periodo largo 500 ms. Se detono un total de 26 taladros para el diseño de filas de producción.

DISTRIBUCION DE EXPLOSIVOS EN SLOT													
PERFORACIÓN		CARTUCHOS POR TALADRO										ACCESORIOS	
NO 7.		E5000 1 1/2"x24"		E	E3000 1 1/2"x24"			000 1 1/2	"x24"	Carga			
DESCRIPCION	Nº Tal Totales	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Kg/Tal	Retardo Fanel®	Cant
Taladro de Rimados	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		
Taladro de Arranque	4	4	35	140	0	0	0	0	0	0	27.3	1,2,3,4	4
Taladro de Ayudas	4	4	35	140	0	0	0	0	0	0	27.3	5,6,7,8	4
Taladro Cuadradores	4	4	34	136	0	0	0	0	0	0	26.6	9,9,10,10	4
Taladro de Zanja	6			0	6	37	222	0	0	0	27.2	11,11,12,12,13,13	36
TALADROS CARGADOS	18		TOTAL	416		TOTAL	222		TOTAL	0			
KILOGRAMOS TOTAL DE EXPLOSIVO	488.24		KG	325		KG	163.24		KG	0			18

Tabla 10Distribución de explosivos TJ 8000

DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS EN FILAS													
PERFORACIÓN		CARTUCHOS POR TALADRO										ACCESORIOS	
		E50	00 1 1/2"	x24"	E3	3000 1 1/2"×	24"	E1	000 1 1/2	"x24"	Carga	Detende	
DESCRIPCION	Nº Tal Totales	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Kg/Tal	Retardo Fanel®	Cant
Taladro de Alivio	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		
Taladro de Produccion	12	0	0	0	12	34	408	0		0	25.0	2,5,6,9,10,1,1,3,3,5	12
Taladro de caja piso	7	0	0	0	7	34	238	0		0	25.0	3,7,11,2,4,6,8	7
Taladro de caja techo	7	0	0	0	3	34	102	4	36	144	25.0	4,8,12,2,4,6,8	7
TALADROS CARGADOS	26		TOTAL	0		TOTAL	748		TOTAL	144			
KILOGRAMOS TOTAL DE EXPLOSIVO	650.00		KG	0		KG	550.00		KG	100			26

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la voladura se realizó la toma de fotografías a la pila de mineral fragmentado, estas fotografías fueron tomadas en cancha de mineral en superficie, por temas de seguridad. Además, se usa dos escalas de 5 pulgadas de diámetro ubicadas en puntos opuestos para mejorar el escalamiento homogéneo en toda la imagen tal como se muestran en la tabla 11.

Tabla 11 Cuadro comparativo fotografías inicial versus digitalizada





Fuente: Elaboración propia.

Luego del procesamiento de las fotografías en el software Desktop Split, obtenemos la curva granulométrica del conjunto de imágenes y las tablas de datos correspondientes a la fragmentación.

En el gráfico 14. Se puede observar la curva de fragmentación resultante de la digitalización y procesamiento de las imágenes en el software Desktop Split, esta curva muestra la relación entre el tamaño de los fragmentos y su porcentaje pasante correspondiente. Además, muestra la tabla de datos con un P80 de 8.49 pulgadas, el porcentaje pasante de 5 pulgadas es de 61.29%, y de 0.75 pulgadas es de 20.80%.



Gráfico 14. Curva de Fragmentación y Resultados

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 12. Se observa un resumen de los resultados post voladura como cantidad total de explosivo usado en la voladura, volumen roto, factor de carga y potencia, los resultados de fragmentación objetivos P80, % pasanyte de 5" y % pasasnte de 0.75".

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad
Kg Total de Explosivo	kg/panel	1138.24
Volumen roto	m ³	1217.01
Tonelaje roto	Tn	3143.95
Factor de Carga	Kg/m ³	0.94
Factor de Potencia	Kg/T	0.36
P80	Pulgadas	8.49
% Pasante en 5" (127mm)	%	61.29
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	20.80

Tabla 12 Tabla de Resultados Voladura

En la fotografía 9. Muestra el resultado post voladura del tajo 8000, donde se evidencia la estabilidad de la caja techo luego del evento.



Fotografía 9. Tajo Post Voladura Tajo TJ8000

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.2 Análisis de fragmentación TJ 7200

Se realizó la evaluación de la fragmentación en el tajo TJ7200 del nivel 4330 al 4345 correspondiente al proyecto AC723273, con una longitud de taladro de 15.0 metros. Los datos se muestran en la tabla 13.

DATOS GEN	IERALES	
NIVEL	4330	4345
LABOR	TJ 7200	AC723273A
SECCION (m.)	4.2	13.7
LONG. BANCO	15	
VETA	ANGELA	
BXS (m.) FILAS	1.8	1.8
TACO PROMEDIO (m)	0.8	
TIPO DE ROCA	IVA	Debris Flow
RMR	40	
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad
	2	
Densidad	T/m°	2.6
Densidad N° de fracturas /Nv Sup	T/m ³ f/m	2.6 16
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf	T/m ³ f/m f/m	2.6 16 16
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre	T/m ³ f/m f/m m	2.6 16 16 -
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra	T/m ³ f/m f/m m Pies	2.6 16 16 - -
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra Longitud de taladro	T/m ³ f/m f/m Pies m	2.6 16 - - 15
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra Longitud de taladro Ø taladro de produccion	T/m ³ f/m f/m Pies m mm	2.6 16 16 - - 15 64
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra Longitud de taladro Ø taladro de produccion Ø taladro de alivio	T/m ³ f/m m Pies m mm mm	2.6 16 16 - - 15 64 127
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra Longitud de taladro Ø taladro de produccion Ø taladro de alivio N° de Taladros cargados	T/m ³ f/m f/m Pies m mm mm Und	2.6 16 16 - - 15 64 127 41
Densidad N° de fracturas /Nv Sup N° de fracturas /Nv Inf Ancho de cara libre Longitud de Barra Longitud de taladro Ø taladro de produccion Ø taladro de alivio N° de Taladros cargados N° de Taladros de alivio	T/m ³ f/m f/m Pies m mm mm Und	2.6 16 16 - 15 64 127 41 7

Tabla 13Tabla de datos de perforación y voladura TJ 7200 Nivel 4330 al 4345.

El gráfico 15. Muestra el esquema para la secuencia con accesorio fulminante no eléctrico antiestático de periodo largo, mínimo 500 ms de retardo entre taladro, el amarre de malla se realiza con cordón detonante tipo 5P e iniciador de malla detonador ensamblado y mecha rápida.



Gráfico 15. Gráfico de Diseño de Secuencia y Carguío

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla 14. muestra la distribución de los explosivos usados en el diseño actual de SLOT o cara libre, considerando emulsión encartuchada de potencia 5000 en toda la columna de carga con un total de 436 cartuchos, además se usa emulsión encartuchada de potencia 3000 para la zanja de SLOT, con un total de 120 cartuchos. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choque y retardo de período largo 500 ms. Se detono un total de 18 taladros para este diseño. Seguidamente se continuo con el disparo de las filas de producción como un segundo evento, donde se consideró uso de emulsión encartuchada de potencia 3000 con un total de 420 cartuchos, además de emulsión encartuchada de potencia 1000 con un total de 270 cartuchos para el carguío de los taladros de caja techo y controlar la estabilidad del tajo. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choques no eléctricos con tubo de los taladros de caja techo y controlar la estabilidad del tajo. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de los taladros para el carguío de los taladros de caja techo y controlar la estabilidad del tajo. Para el diseño de secuencia se usa detonadores no eléctricos con tubo de choque y retardo de periodo largo 500 ms. Se detono un total de 23 taladros para el diseño de filas de producción.

DISTRIBUCION DE EXPLOSIVOS EN SLOT														
PERFORACIÓN			CARTUCHOS POR TALADRO										ACCESORIOS	
	Nº Tal	E50	00 1 1/2"	x24"	E3000 1 1/2"x24"			E1000 1 1/2"x24"			Carga	Potordo		
DESCRIPCION	Totale s	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Kg/Tal	Fanel®	Cant	
Taladro Rimados	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0			
Taladro de Arranque	4	4	37	148	0	0	0	0	0	0	28.9	1,2,3,4	4	
Taladro de Ayudas	4	4	36	144	0	0	0	0	0	0	28.1	5,6,7,8	4	
Taladro Cuadradores	4	4	36	144	0	0	0	0	0	0	28.1	9,10,11,12	4	
Taladro de Zanja	6	2	36	72	4	30	120	0	0	0	24.1	13,13,14,14,15,15	6	
TALADROS CARGADOS	18		TOTAL	436		TOTAL	120		TOTAL	0				
KILOGRAMOS TOTAL DE EXPLOSIVO	428.86		KG	340.63		KG	88.24		KG	0			18	

Tabla 14Distribución de explosivos TJ 7200

DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS EN FILAS

PERFORACIÓN			CARTUCHOS POR TALADRO										ACCESORIOS	
Nº Tal		E5000 1 1/2"x24"			E3000 1 1/2"x24"			E1000 1 1/2"x24"			Carga	Retardo		
DESCRIPCION	Totale s	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Nro Tal.	und/tal	Total Cart.	Kg/Tal	Fanel®	Cant.	
Taladro de Alivio	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0			
Taladro de Produccion	9	0	0	0	8	30	240	1	30	30	21.9	1,1,3,3,5,8,11,14,1	9	
Taladro de caja piso	7	0	0	0	6	30	180	1	30	30	21.9	2,4,6,10,13,15,16	7	
Taladro de caja techo	7	0	0	0	0	0	0	7	30	210	20.8	2,4,7,9,12,15,16	7	
TALADROS CARGADOS	23		TOTAL	0		TOTAL	420		TOTAL	270				
KILOGRAMOS TOTAL DE EXPLOSIVO	496.32		KG	0		KG	308.82		KG	187.5			23	

Posterior a la voladura se realizó la toma de fotografías a la pila de mineral fragmentado, estas fotografías fueron tomadas en cancha de mineral en superficie, por temas de seguridad. Además, se usa dos escalas de 5 pulgadas de diámetro ubicadas en puntos opuestos para mejorar el escalamiento homogéneo en toda la imagen tal como se muestran en la tabla 15.

 Tabla 15
 Cuadro comparativo fotografías inicial versus digitalizada





Luego del procesamiento de las fotografías en el software Desktop Split, obtenemos la curva granulométrica del conjunto de imágenes y las tablas de datos correspondientes a la fragmentación. En el gráfico 16. Se puede observar la curva de fragmentación resultante de la digitalización y

procesamiento de las imágenes en el software Desktop Split, esta curva muestra la relación entre el tamaño de los fragmentos y su porcentaje pasante correspondiente. Además, muestra la tabla de datos con un P80 de 3.86 pulgadas, el porcentaje pasante de 5 pulgadas es de 89.79%, y el 0.75 pulgadas es de 32.74%.



Gráfico 16. Curva de Fragmentación y Resultados

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16. Se observa un resumen de los resultados post voladura como cantidad total de explosivo usado en la voladura, volumen roto, factor de carga y potencia, los resultados de fragmentación objetivos P80, % pasante de 5" y % pasante de 0.75".

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad
Kg Total de Explosivo	kg/panel	925.18
Volumen roto	m ³	1145.73
Tonelaje roto	Tn	2631.38
Factor de Carga	Kg/m ³	0.81
Factor de Potencia	Kg/T	0.35
P80	Pulgadas	3.86
% Pasante en 5" (127mm)	%	89.79
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	32.74

Tabla 16 Tabla de Resultados Voladura

Fuente: Elaboración propia

En la Fotografía 10. Muestra el resultado post voladura del tajo 7200, donde se evidencia la estabilidad de la caja techo luego del evento.



Fotografía 10. Fotografía Post Voladura Tajo TJ7200

3.1.5 Análisis base de la fragmentación de voladuras en Taladros Largos.

Los resultados obtenidos como línea base se muestran en los gráficos comparativo siguientes, en donde se observa que para un tipo de roca IVA se tienen resultados similares a los que se requieren para la planta de ore Sorting, sin embargo, para el tipo de roca IIIB se tienen problemas en la fragmentación objetivo.

El siguiente gráfico 17. corresponde a los resultados de la voladura en tipo de roca IVA, en donde la fragmentación obtenida es muy similar al objetivo requerido, así para un porcentaje pasante de 5 pulgadas solo diferencia en 0.21% más, para el porcentaje pasante entre 5" y $\frac{3}{4}$ " diferencia en +2.95%, mientras que para el porcentaje pasante de $\frac{3}{4}$ " diferencia en -2.74". En términos del P80 difiere en 0.26 pulgadas para llegar al objetivo de 3.60.



Gráfico 17. Objetivo granulométrico vs Resultados línea base tipo de roca IVA

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente gráfico 18. corresponde a los resultados de la voladura en tipo de roca IIIB, en donde la fragmentación obtenida representa un problema debido a que no obtienen los resultados objetivo para la nueva planta, así para un porcentaje pasante de 5 pulgadas se requiere un incremento en 28.71% más, para el porcentaje pasante entre 5" y ³/₄" diferencia en +19.51%, mientras que para el porcentaje pasante de ³/₄" diferencia en +9.20". En términos del P80 se requiere disminuir en 4.89 pulgadas para llegar al objetivo de 3.60.



Gráfico 18. Objetivo Granulométrico vs Resultados Línea Base Tipo de roca IIIB

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico 19. de la comparación de los resultados actuales de fragmentación versus el objetivo requerido por la planta, se tiene una gran diferencia en los resultados del tipo de roca IIIB, mientras que en tipo de roca IVA los resultados son muy similares. Por lo cual se enfocarán los estudios de diseño de voladura en los tajos con tipo de roca IIIB.



Gráfico 19. Fragmentación en taladros largos por tipo de roca.



3.2 Optimización de fragmentación de rocas por voladura para el proyecto Ore Sorting.

3.2.1 Cálculo y diseño de mallas de perforación para tipo de roca IIIB

Se realizó el cálculo y diseño de malla de perforación según el modelo matemático de áreas de influencia y de acuerdo a los requerimientos de fragmentación solicitados usando los modelos predictivos de KuzRam y JKMRC, para un tipo de roca IIIB, cargado con emulsión encartuchada 3000 de 11/2" x 24" para taladros de producción y emulsión encartuchada 1000 para taladros de caja techo.

En la tabla 17. Se utilizó los parámetros de perforación (diámetro del taladro, diámetro de alivio, longitud de taladro, longitud de carga, taco, desviación de perforación) para el diseño a proponer.

DISEÑADO PARA:	Taladros Larg	OS
LUGAR:	Mina Inmaculada	
Ancho de la labor:	3.60	m.
Alto de la labor:	8.00	m.
Profundidad de la Labor	500.00	m.
Distancia a una zona critica:	50.00	m.
Datos de campo:		
PARAMETRO DE PERFORACION		
Diametro del taladro:	2.50	pulgadas
Diametro de Alivio:	5.00	pulgadas
Longitud del barreno:	50.00	pies
Eficiencia de perforacion:	91.89	%
Tipo de barreno:	T38+TuboGuia	
Condicion de perforacion:	Pasante	(Pasante o Ciego)
Diametro interno de Tubo de PVC:	2.00	pulgadas
Angulo de perforacion en el piso:	0	grados
Angulo de perforacion en el contorno:	0	grados

 Tabla 17
 Datos de lugar, dimensión y perforación de voladura propuesta

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18. Se considera los parámetros de explosivos (densidad, velocidad de detonación, presión de detonación, dimensiones del explosivo, potencia relativa en peso, potencia relativa en volumen, volumen de gases), estos valores son tomados de la ficha técnica de los explosivos en mención. Los valores como % de acoplamiento fueron calculados en campo.

PARAMETRO DE EXPLOSIVO		
Carga de Fondo		
Тіро:	Emulnor 3000 1.1	/2"x24"
Densidad del explosivo C.F.:	1.14	g/cc
Velocidad de detonacion C.F.	4633.00	m/s
Presion de detonacion de C.F.:	61.17	Kbar
Energia de Explosico de C.F.:	920.00	Kcal/kg
Volumen de gases de C.F.:	880.00	L/kg
Potencia Relativa en Peso:	96.97	PRP
Potencia Relativa en Volumen:	138.59	PRV
Diametro del explosivo C.F.:	37.16	mm
Longitud del explosivo C.F.:	600.00	mm
№ de cartuchos/tal C.F.:	1.00	cartuchos/tal
% de Acoplamiento C.F.:	63.00	%
% de Acoplamiento maximo:	80.00	%
% de Acoplamiento minimo:	58.52	%
Carga de columna		
Тіро:	Emulnor 3000 1.1	/2"x24"
Densidad del explosivo C.C.:	1.14	g/cc
Velocidad de detonacion C.C.	4633.00	m/s
Presion de detonacion de C.C.:	61.17	Kbar
Energia de Explosico de C.C.:	920.00	Kcal/kg
Volumen de gases de C.C.:	880.00	L/kg
Potencia Relativa en Peso:	96.97	PRP
Potencia Relativa en Volumen:	138.59	PRV
Diametro del explosivo de C.C.:	37.16	mm
Longitud del explosivo de C.C.:	600.00	mm
№ de cartuchos/tal de C.C.:	30.00	cartuchos/tal
% de Acoplamiento de C.C.:	72.00	%
% de Acoplamiento maximo:	80.00	%
% de Acoplamiento minimo:	58.52	%

Tabla 18Parámetros de explosivo

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 19. Se muestran los parámetros de roca (resistencia de la roca o mineral, número de fracturas por metro lineal, R.Q.D, RMR), estos datos son obtenidos tanto del área de geomecánica de la mina y de cálculos mediante fórmulas.

PARAMETRO DE ROCA O MINERAL		
Tipo:	Lava andesitica	Mineral
Densidad de la roca	2.55	TM/m ³
Resistencia a la Compresion:	1214.48	kg/cm ²
Resistencia a la Traccion:	7.15	MPa
Relacion de Poisson	0.25	
RMR ₈₉	50.00	
GSI	45.00	
D	1.00	
Modulo del Mascizo rocoso	627.56	MPa
Modulo de Roca Intacta	12.4	GPa
Q : Indice de calidad del tunel	1.95	
Velocidad de Onda P	3790.03	m/s
Velocidad de ciritica de la roca:	2187.69	mm/s
Nro fracturas/metro	10.00	
RQD:	73.58	%

Tabla 19Parámetros de Roca

Fuente: Área de Geomecánica de U.M Inmaculada.

En la tabla 20. Se muestra los resultados de simulación obtenidos utilizando el modelo de

áreas de influencia.

RESULTADOS:	
Nº de taladros con carga:	15.00 ¡Según el diseño grafico de la malla!
Presion de detonacion en el taladro:	27.82 Kbar
Factor de Energia entre volumen de gases:	0.02 Kbar
Esfuerzo Mayor	0.13 Kbar
Longitud del taladro:	14.00 m.
Longitud de CC confinado:	11.89 m.
Longitud de CF confinado:	0.52 m.
longitud de carga:	12.41 m. Lc/Ltal: 0.89
Taco despues de la voladura:	0.00 m. Taco: 1.60
Avance/Voladura:	14.00 m.
Eficiencia de voladura:	100.00 %
Area rota	28.80 m ²
Volumen roto	403.32 m ³
TM rotas	1028.46 TM
Peso de explosivo/tal	23.00 kg
Total de explosivo	344.95 kg
Factor de potencia	0.34 kg/TM
Factor de carga	0.86 Kg/m ³
Diametro de Taladro de Alivio maximo	223.75 mm
Diametro de Taladro de Alivio minimo	64.00 mm
Numero de Taladros de alivio:	3.10 Taladros de alivio
Espaciamiento min. entre Tal alivio:	0.23 m.
Angulo min. entre Tal alivio:	36.96 grados
Desviacion con T38+TuboGuia/Tal:	0.29 m.
%Desviacion con T38+TuboGuia/Tal:	2.07 %
Angulo Desviado con T38+TuboGuia/Tal:	0.93 grados
Desviacion por angulo de perf. En piso:	0.00 m.
Desviacion por angulo de perf. En Contorno:	0.00 m.

T.L.L. 30	D 1/ 1	1.		/ .
lania 20	Resultados	ae.	simii	iación
	Itesuituuos	uv	om the second	acton

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21. Muestra los resultados del cálculo de malla de perforación con Burden ideal de 1.78 m, para nuestro diseño consideraremos una malla triangular de Burden de 1.80 m y Espaciamiento 1.80m (esto según ancho de veta es variable).

Tabla 21Resultados de burden y espaciamiento

Burden	Fs	Burden B _n (m.)	Burden ideal B _i (m.)	S _i (m.)	Taco "T _{min} " (m.)	Taco "T _{max} " (m.)	Cara Libre (m)
Тајо	1.00	2.07	1.78	1.78	1.01	2.07	2.07

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Propuesta Técnica Número 01: Uso de detonadores duales

Para un tipo de roca IIIB, esta propuesta técnica consiste en el uso de detonadores duales con retardo en fondo de 450 ms y 17 ms en superficie. La malla de perforación considera un burden de 1.80m. calculado anteriormente, los tiempos de retardo seleccionados fueron calculados de acuerdo al modelo predictivo de fragmentación de KuzRam y JKMRC, que se explicará en adelante y se parametriza de la siguiente manera:

Uso de broca 64mm. Burden 1.80m Espaciamiento 1.80 o según ancho de veta, longitud de perforación variable según longitud de banco, Emulsión encartuchada 3000 1 1/2" X 24" para taladros de producción y Emulsión encartuchada 1000 1 1/2" X 24" para taladros de caja techo, uso de Detonador dual 450/17ms (retardo de fondo 450 ms y retardo de superficie 17 ms) de bloque de plástico tipo gancho y para amarre entre filas se usará Fanel de conexión UV de 17 y 25 ms, a continuación, presentamos la malla propuesta en la tabla 22.

	Par	armetros Teci	nicos	
RMR	41-50	III B	Accesorios	
Densidad de Roca	2.51	g/cc	Taladros Perforados	15
Diametro de Broca	64	mm	Taladros cargados	15
Diametro de Rimadora	125	mm	Fanel Dual UV (5 m)	15
Lon, Prom. De Taladro	15	m	Fanel Dual UV (10 m)	15
Taladros Rimados	6	Und.	Fanel Dual UV (15)	15
Taladros de alivio C/t	5	Und	Fanel CTD UV 17 ms (3 m)	5
Ancho Minado	3,6	m	Fanel CTD UV 25 ms (3 m)	4
Longitud de Minado	8	m	Carmex	2
M3 rotas	432	m3	Mecha rapida	0.25
Ton Rotas	1084.32	T		_

Tabla 22	Diseño de mal	la y voladura
----------	---------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 20. Se observa el esquema de secuencia con detonador dual UV, así como el

esquema de carguío de los taladros de producción y contorno.



Fuente: Elaboración propia

		1000	1407	PERFORADON CO	DOMA. II	-		CART	UCHOS PO	TALAD	80.			T
		100		BOSCHITTEREN	-	EM(LA	08.5000 1/241	-		- 00	the second	Carga S	Normality Added	
				about			LING					6078	Kpini	
				Telden & Ballinson		-	-		-	-		-	2.00	-
Image: second		- cm: -	104 👐	Television and the second	-	-					1			- Faller
Constraint of Calendaria C <thc< th=""> C C <thc< th=""></thc<></thc<>				Totalitati da lacia presi		-					-		20.00	
Tail Appropriations III Trinchant III IIII IIIIII IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	TAL. MSSF0344004 III Trivitiant III IIII IIII IIIII IIIIII IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII			California California	t	-			-	-	- 42		40.19	
				TAL PERFORADOR		Telefinet		-	-			age:	0.74	
				No DE EXPLOSIVO	10128	74	6.8	-		-	-	-	454	
Tauri Tauri Hitelarepter	Land Sami Handwarying California					-			43980	-				
teast Tasis Malastratives	A COME AND C								1000					
Talia Malagiping	inter inter inter interimente					-			*****					
(And any two									345					
	ter som lade som at							64						
a selectane of		-	1.00			-			a Collanda I	• 1				

Gráfico 21. Esquema de carguío taladros largos



3.2.2.1 Análisis Predictivo De Fragmentación Kuz-Ram Y JKMRC

El análisis predictivo de la fragmentación teórica se hizo mediante el modelo Kuz-Ram y JKMRC, el cual determina un P80 de 4 pulgadas, 87.34% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 29.10% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas. Los datos para el cálculo del modelo predictivo se muestran a continuación en la tabla 23.

Tabla 23 Parametro de roca	Tabla 23	Parámetro	de	roca
----------------------------	----------	-----------	----	------

Parametros de la voca o mineral		
Tipo;	Leva andesitica	
Densidadi	2.8E galora	
Resistencia a la Compresion:	115.10 MPa	
Nocure del Mascizo rocciso	\$27/6 i/Pa	
Moculo del Mascizo rocoso	0.62 GPs	
Relacion de Poisson	0.2	10.0

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 24. Se detalla los parámetros de explosivo necesarios para el cálculo como potencia relativa en peso y volumen, presión de detonación, y parámetros de los accesorios como tiempo de retardo entre taladros y filas, así como las consideraciones de dispersión al ser un detonador con retardo pirotécnico.

Fracturas de Rosa	and a stand of the stand
Descripción del maciso rocoso	fracturado "Friaitie Fracturado Masivo"
Espaciemiento entre Fract	10.10 m
Condición de Fractura:	1.00
Fector de escaciarvento de fracturas	10,00
Factor de Dirección de buzamento a la cara libre.	20,00
Factor de correction por tiempo de relarco;	1.10

Fuente: Elaboración Propia

Estos valores se determinan de acuerdo a la siguiente tabla 25. Donde se resume los parámetros

a usar, de acuerdo a las características del macizo rocoso.

Datos de Fracturas de Roca		
Condicion de fratura JCF	Valor	
Cerrada		1
Abierta		1.5
Rellenada		2
Espaciamiento entre fracturas JPS	Valor	
Espaciamiento <0,1m		10
Espaciamiento >=0,1m o <0.3m		20
Espaciamiento >=0,3m o <95%(B*S) ^{0.5}		80
Espaciamiento >(B*S) ^{0.5}		50
Direcion de Buzamineto a la cara libre JPA	Valor	
Diagonal		40
Perpendicular		30
Paralelo		20
Factor de correcion por retardo	Valor	
Periodo Electronico <17ms		1.2
Periodo Corto >=17		1.1
Periodo Largo >=500		1.0
Detonador Ensamblado		0.9

Tabla 25Parámetros que definen el factor de roca.

Parametro de Malla de Voladura	Valor
Malla Cuadrada	1.0
Malla Triangular	1.1

Fuente: Resumen del libro Famesa Explosivos 2019.

En la tabla 26. Se considera los parámetros de explosivos (densidad, velocidad de detonación,

presión de detonación, dimensiones del explosivo, potencia relativa en peso, potencia relativa en

volumen, volumen de gases).

Estos valores son tomados de la ficha técnica de los explosivos en mención. Los valores como % de acoplamiento fueron calculados en campo.

Parametros Explosivos		-
Clase	Emulnor 3000 1.1/2'x24'	
Densidad:	1,14 gr/cm ³	
Potencia Relativa en Pesc	36,97 PRP	
Potencia Relative en Volumen:	138.59 PRV	
Factor de PRV/PRP	1.43	
Presión de detonación en el taladro:	2762.49 MPa	
Tiempos de Retardo	and the second sec	
Tipo de retardo	Fanel dual	-
Tiempo de retardo entre taladros:	17.00 ms	
Velocida de onda del maciso rocoso	3.79 mms	
Tempo maximo para fragmentacion	6.59 ms	
Tiempo ret Tal/Tiempo maximo	2.56	
Factor de correción "At"	1,06 (C.5=A===	
Tiempo de retardo entre filas	25.00 ms	_
Desvlacion estandar de retardo	3.00 ms	
Relacion de dispersion Rs.	0.720	
Factor de dispersion ns :	1.059	

Tabla 26Parámetros de explosivo

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27. Se muestran los parámetros del diseño de malla de voladura, calculados anteriormente, en donde el criterio de tipo de malla asume un valor de 1.1 al usarse una malla triangular, estos valores se detallan en la tabla 25.

Parametros de Diseño de Malla de Voladura	1	
Tipo de melle	1.1 Usia biangular	-
Dimetro de talvaro:	63.50 mm	
Burden real	1.00 nt	
Especiamento real	1.00 m	
Disilation de perforacion	0.29 m	
Long the perga de foods	6.52 m	
Long de carga de columna:	11.69 ml	
Longikio total dei narga:	12.41 m	
Taco mede	1 ±0 m	
Sotreperfunction	0.00 m	
Long de telediro	14.00 m	
Longituit de talatiro o altura de Banco	14.00 m	
Direc Bz de la Cara Ibre	90 granine	
NF de Taladros/disp	15.00 5	
Voumen de Roca Fragidisp:	403.32 m ³	
Kilos de Explosivo/disp:	344.95 Kg	

 Tabla 27
 Parámetros de diseño de malla de voladura

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28. Se muestran los resultados de los cálculos de las variables necesarias para los

modelamientos con Kuz-Ram y JKMRC.

Resultados Kuz-Ram						
Factor de Roca:	1.97 (0.8>=A<=22)					
Tamaño medio X ₅₀ :	<i>5.14</i> cm					
Coeficiente de uniformidad n:	1.21 (0.7>=n<=2.0)					
Tamaño cracteristico X _c :	6.96 cm					
Tamaño Maximo X _{max} :	41.51 CM (%Ac(-))					
%Pasante (parrilla)	87.3358 %					
Resultados JKMRC						
Constante de finos K:	502.05 MPa					
Indice de finos CZI:	3025.03					
Radio de finos r _c :	149.13 mm					
Volumen de finos:	8.28E+08 mm ³ / Tal					
Volumen roto:	1.4E+10 mm ³ / Tal					
% de finos:	5.91 %					
% de finos -1.18mm:	4.70 %					
Coeficiente n _f :	0.71 (0.1>=n<=2.0)					
Tamaño Minimo X _{min} :	0.118 cm (%Ac(+))					

Tabla 28Variables calculadas de Kuz-Ram y JKMRC

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29. Se muestran los resultados de la simulación usando el modelo predictivo de Kuz Ram con la modificación de JKMRC, esta última se aplica desde el 50% del total de la roca fragmentada hacia los fragmentos finos, de tal manera que podamos aproximarnos más a los resultados reales de fragmentación de las voladuras, ya que el modelo de Kuz-Ram sobre estima la cantidad de finos generados. Los valores de X en la tabla corresponden a los tamaños de fragmentos en cm y pulgadas, los valores de R(x) corresponden al porcentaje de material retenido en una malla del tamaño de X, mientras que P(x) indica la diferencia del material que pasa por dicha malla definida en tamaño por X. Además, se resaltan en rojo las variables importantes para el estudio como P80, % Pasante de 5 pulgadas (12.70 cm), % pasante de 3/4 de pulgada (1.91cm).

	Х	Х	R(x)	P(x)	Dif
	Tamaño (in)	Tamaño (cm)	% Ac(+) Retenido	% Ac(-) Pasante	% Retenido
	16.34	41.51	0.02	99.98	0.02
	15.50	39.37	0.03	99.97	0.01
	14.66	37.23	0.05	99.95	0.02
	13.81	35.09	0.09	99.91	0.04
	12.97	32.95	0.15	99.85	0.06
Σ	12.13	30.81	0.24	99.76	0.10
R	11.29	28.67	0.40	99.60	0.16
Ň	10.44	26.53	0.66	99.34	0.26
1S	9.60	24.39	1.07	98.93	0.41
	8.76	22.25	1.72	98.28	0.65
<u>ő</u>	7.92	20.11	2.74	97.26	1.02
ac	7.08	17.97	4.32	95.68	1.58
ult	6.23	15.83	6.75	93.25	2.43
es	5.39	13.69	10.41	89.59	3.66
Ř	5.00	12.70	12.66	87.34	2.26
	4.55	11.55	15.83	84.17	3.16
	4.07	10.33	19.98	80.02	4.15
	3.71	9.41	23.69	76.31	7.87
	2.86	7.27	34.82	65.18	11.12
	2.02	5.14	50.00	50.00	15.18
	1.84	4.68	52.25	47.75	2.25
U	1.66	4.22	54.68	45.32	2.43
AR	1.48	3.77	57.30	42.70	2.62
Y	1.30	3.31	60.16	39.84	2.85
ר	1.12	2.85	63.28	36.72	3.12
os	0.94	2.40	66.72	33.28	3.44
ad	0.75	1.91	70.90	29.10	4.18
ult	0.57	1.45	75.32	24.68	4.42
SSI	0.39	0.99	80.50	19.50	5.18
Å	0.21	0.54	86.90	13.10	6.40
	0.03	0.08	96.39	3.61	9.49

 Tabla 29
 Resultados de simulación de fragmentación propuesta nro. 1.

Fuente: Elaboración propia
El grafico 22. Muestra la curva de fragmentación obtenida de los resultados de simulación usando el modelo predictivo de Kuz Ram y JKMRC, con el siguiente análisis: P80=3.9 pulgadas, 87% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 28% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas. Como se observa en el gráfico se etiqueta las intersecciones de estas variables, así en el eje de las abscisas se tiene el tamaño de fragmento en centímetros: 12.70 cm (5 pulgadas), 10.33 cm (4.07 pulgadas) que sería el P80, y 1.91 cm (3/4 de pulgada). Y en el eje de las ordenadas se indica el porcentaje pasante (%).



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 23. muestra el comparativo entre el objetivo requerido por la planta ore Sorting y los resultados de fragmentación de la simulación en la propuesta nro. 1. Que es el uso de detonadores

duales. De esta manera el P80 estimado es de 3.6 pulgadas, acercándonos al objetivo de 4 pulgadas, mientras que el porcentaje pasante de 5 pulgadas se acerca a un 87.34 % de 90%, en el caso de 3/4 pulgadas se acerca a 29.10% de 30% del objetivo, y como fragmentación entre 5 pulgadas y 3/4 pulgada se tiene un 58.24% de material fragmentado, de un 60% de objetivo mínimo que requiere esta planta.



Gráfico 23. Comparativo entre objetivo y propuesta Nro. 1

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Propuesta Técnica Nº 02 Tipo: Uso de detonador electrónico

Para un tipo de roca IIIB, esta propuesta técnica consiste en el uso de detonadores electrónicos con retardos programables en intervalos de 1ms. La malla de perforación se plantea luego de la

aplicación del modelo predictivo de fragmentación de KuzRam y JKMRC, que se explicará en adelante y se parametriza de la siguiente manera:

Malla de perforación es de acuerdo al estándar que se tiene para broca 64mm. Burden 1.80m Espaciamiento 1.80 a 2.00m según ancho de veta, longitud de perforación variable según longitud de banco, Emulsión encartuchada 3000 1 1/2" X 24" para taladros de producción y Emulsión encartuchada 1000 para taladros de caja techo, uso de Detonadores electrónicos, a continuación, presentamos la malla propuesta en la tabla 30.

	Phil	metros Teor	licos		
RIMR	41-50	1116	ACCESORIOS		
Densidad de Roca	2.51	n/cc	Taladros Perforados	15	Uni
Diametro de Broca	64	mm	Taladros cargados	15	uni
Diametro de Rimadora	125	mim	Fulminante Electronico 15	15	pza
Lon, Prom. De Taladro	15	m	Cable jumper	100	m
Taladros Rimados	6	Und			
Taladros de alivio C/t	5	Unid.			
Ancho Minado	3.6	mi			
Longitud de Minado	8	m			
M3 rotas	432	m3			
Ton Rotas	1084.32	T			

Tabla 30Parámetros técnicos

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 24. Se observa el esquema de secuencia con detonador electrónico, así como el esquema de carguío de los taladros de producción y contorno.



Gráfico 24. Esquema de Secuencia con Detonador Electrónico

Fuente: Elaboración propia.

				AND DEAL ON CONC.	COMPS.	1		CARD	CHER IN	TALED	-			
				1100000000		BALSO	-	- Colorest				-Carper-S		
-	-	090	- 1	DESCRIPCION	W Tal	sector.	And address			-		Stan.	104	
				Alter			ò				ę	۵.	2.50	-
				Paldres de Nocleceires	1			ię	-159		1.		25.96	3818
				Takashoe da ntas prev			0	.10	158		. 6		\$2.06	1000
				Patatos de caja note			0			28	-45	28	30.54	Same a
				TAL PERIDRADOS	15	Tabiliant	0	-	-	The second	-	terio i	114	
1				and the second sec		_						_	_	
-	-		-	Ha DE EXPLORAC	30528	54.	9.40	-				19.007	444	
	-		-	Na. LE EXPLORAC	34.8	54	930					tytes.	44	
		-	-	Na. DE EXPLOSIVO	335,38	- X4 -	930 U1990	-	7			10.00	111	
	-		-	Na. LE EXPLOSIVE	305.08	- 14	920 (1995)	1 1				1994	44	
		-	-	Na. LE EXPLORAC	3458		920 (1985)	III		•	- the	1999	-	
			-	Na. LE EXPLORAC	bca	-	930	III			- Charles	8994.	-	
	-		-	Na. LE EXPLORAC	34.3	24	940	int int int int int int int int int int			- the	10.00	111	

Gráfico 25. Esquema de carguío taladros largos.

Con la malla propuesta, se realizó un análisis de fragmentación teórico mediante el modelo Kuz-Ram y JKMRC, el cual determina un P80 de 3.13 pulgadas, 95.89% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 30.97% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas.

La tabla 31. Detalla los parámetros de roca brindados por el área de geomecánica de la unidad minera.

Parametros de la roca o mineral		
Tipo:	Lava andesitica	
Densidad:	2,50 gr/cm ³	
Resistencia a la Compresion:	119.10 MPa	
Modulo del Mascizo rocoso	627.6 MPa	
Modulo del Mascizo rocoso	0.63 GPa	
Relacion de Poisson	0.25	

Tabla 31Parámetros de roca

Fuente: Área de geomecánica de U.M Inmaculada.

En la tabla 32. Se detalla los parámetros de explosivo necesarios para el cálculo como potencia relativa en peso y volumen, presión de detonación, y parámetros de los accesorios como tiempo de retardo entre taladros y filas, así como las consideraciones de dispersión al ser un detonador con retardo pirotécnico.

Fracturas de Roca	
Descripcion oel maciso rocoso Espaciamiento entre Fract	Tracturado "Friable, Fractúrado, Masivo" 0.10 m
Condicion de Fractura	1.00
Factor de espaciamento de fracturas	10.00
Factor de Direccion de buzamiento a la cara libre;	20.00
Factor de correction por tiempo de retardo:	1.20

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

Estos valores se determinan de acuerdo a la siguiente tabla 33. de acuerdo a las características del macizo rocoso.

Datos de Fracturas de Roca						
Valor						
	1					
	1.5					
	2					
Valor						
	10					
	20					
	80					
	50					
Valor						
	40					
	30					
	20					
Valor						
	1.2					
	1.1					
	1.1 1.0					
	Valor Valor Valor Valor					

Tabla 33Parámetros que definen el factor de roca.

Parametro de Malla de Voladura	Valor
Malla Cuadrada	1.0
Malla Triangular	1.1

Fuente: Resumen del libro Famesa Explosivos 2019.

En la tabla 34. Se detalla los parámetros de explosivo necesarios para el cálculo como potencia relativa en peso y volumen, presión de detonación, y parámetros de los accesorios como tiempo de retardo entre taladros y filas, así como las consideraciones de casi nula dispersión por ser detonadores electrónicos.

Parametros Explosivos		
Clase:	Emulnor 300	00 1.1/2"x24"
Densidad:	1.14	gr/cm ³
Potencia Relativa en Peso:	96.97	PRP
Potencia Relativa en Volumen:	138.59	PRV
Factor de PRV/PRP	1.43	
Presion de detonacion en el taladro:	2782.49	MPa
Tiempos de Retardo		
Tipo de retardo:	Electronico	
Tiempo de retardo entre taladros:	8.00	ms
Velocida de onda del maciso rocoso	3.79	m/ms
Tiempo maximo para fragmentacion	6.59	ms
Tiempo ret Tal/Tiempo maximo	1.21	
Factor de correcion "At"	0.92	(0.9>=At<=3)
Tiempo de retardo entre filas:	42.00	ms
Desviacion estandar de retardo	1.00	ms
Relacion de dispersion Rs:	0.143	
Factor de dispersion ns :	1.177	

Tabla 34Parámetros de explosivo

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 35. Se muestran los parámetros del diseño de malla de voladura, calculados

anteriormente.

Tipo de malla:	1.1 Malla triangular	
Dimetro de taladro:	63.50 mm	
Burden real:	1.60 m	
Espaciamiento real:	1.80 m	
Desviacion de perforacion:	0.29 m	
Long de carga de fondo.	0.52 m	
Long de carga de columna:	11.89 m	
Longitud total de carga:	12.41 m	
Taco inerte:	1.60 m	
Sobreperforacion:	0.00 m	
Long de taladro:	14.00 m	
Longitud de taladro o altura de Banco:	14.00 m	
Direc. Bz. de la Cara libre:	90 grados	
№ de Taladros/disp	15.00 tal	
Volumen de Roca Frag/disp:	403.32 m ³	
Kilos de Explosivo/disp:	344.95 Kg	
Parametro de objetivo de Fragmentacion		
Tamano de roca (PARRILLA) :	0.13 m (max 19.68pulg.)	
Tamano de roca (IDEAL) :	0.02 m	

Tabla 35Parámetros de malla de voladura

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

En la table 36. Se muestran los resultados de los cálculos de las variables necesarias para los modelamientos con Kuz-Ram y JKMRC.

Resultados Kuz-Ram	
Factor de Roca:	1.97 (0.8>=A<=22)
Tamaño medio X ₅₀ :	<i>4.4</i> 7 cm
Coeficiente de uniformidad n:	1.46 (0.7>=n<=2.0)
Tamaño cracteristico X _c :	5.75 cm
Tamaño Maximo X _{max} :	27.20 cm (%Ac(-))
%Pasante (parrilla)	95.8862 %
Resultados JKMRC	
Constante de finos K:	502.05 MPa
Indice de finos CZI:	3025.03
Radio de finos r _c :	149.13 mm
Volumen de finos:	8.28E+08 mm ³ / Tal
Volumen roto:	<i>1.4E</i> + <i>10</i> mm ³ / Tal
% de finos:	5.91 %
% de finos -1.18mm:	4.70 %
Coeficiente n _f :	0.73 (0.1>=n<=2.0)
Tamaño Minimo X _{min} :	0.118 CM (%Ac(+))

Tabla 36Variables calculadas de Kuz-Ram y JKMRC.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 37. Se muestran los resultados de la simulación usando el modelo predictivo de Kuz Ram con la modificación de JKMRC, esta última se aplica desde el 50% del total de la roca fragmentada hacia los fragmentos finos, de tal manera que podamos aproximarnos más a los resultados reales de fragmentación de las voladuras, ya que el modelo de Kuz-Ram sobre estima la cantidad de finos generados. Los valores de X en la tabla corresponden a los tamaños de fragmentos en cm y pulgadas, los valores de R(x) corresponden al porcentaje de material retenido en una malla del tamaño de X, mientras que P(x) indica la diferencia del material que pasa por dicha malla definida en tamaño por X. Además, se resaltan en rojo las variables importantes para el estudio como P80, % Pasante de 5 pulgadas (12.70 cm), % pasante de 3/4 de pulgada (1.91cm).

	Х	Х	R(x)	P(x)	Dif.
	Tamaño (in)	Tamaño (cm)	% Ac(+) Retenido	% Ac(-) Pasante	% Retenido
	10.71	27.20	0.01	99.99	0.01
	10.18	25.86	0.01	99.99	0.01
	9.66	24.53	0.02	99.98	0.01
	9.13	23.19	0.05	99.95	0.02
_	8.60	21.85	0.09	99.91	0.04
AN	8.08	20.51	0.16	99.84	0.07
Ŗ	7.55	19.18	0.29	99.71	0.13
Ż	7.02	17.84	0.53	99.47	0.23
К	6.50	16.50	0.93	99.07	0.40
S	5.97	15.17	1.60	98.40	0.67
^o p	5.44	13.83	2.69	97.31	1.10
tac	5.00	12.70	4.11	95.89	1.42
۶u	4.92	12.49	4.44	95.56	1.74
es	4.39	11.16	7.14	92.86	2.70
œ	3.87	9.82	11.19	88.81	4.05
	3.34	0.40 7.06	17.06	82.94	5.88
	3.13 2.91	7.90	19.97	74 74	2.30
	2.01	5.81	25.20	63.80	10.20
	1 76	4.47	50.00	50.00	13.80
	1.70	4.47	52.33	47.67	2 33
	1.45	3.68	54.84	45.16	2.51
S	1.29	3.28	57.54	42.46	2.70
MF	1.14	2.89	60.47	39.53	2.93
ΙX	0.98	2.49	63.67	36.33	3.20
6	0.83	2.10	67.19	32.81	3.52
los	0.75	1.91	69.03	30.97	1.84
tac	0.67	1.70	71.10	28.90	3.91
ŝuŀ	0.51	1.31	75.52	24.48	4.41
se	0.36	0.91	80.62	19.38	5.10
	0.20	0.51	86.79	13.21	6.17
	0.05	0.12	95.30	4.70	8.51

 Tabla 37
 Resultados de simulación de fragmentación propuesta Nro. 2.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

El grafico 26. Muestra la curva de fragmentación obtenida de los resultados de simulación usando el modelo predictivo de Kuz Ram y JKMRC, con el siguiente resultado: P80=3.13 pulgadas, 95.89% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 30.97% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas. Como se observa en el gráfico se etiqueta las intersecciones de estas variables, así en el eje de las abscisas se tiene el tamaño de fragmento en centímetros: 12.70 cm (5 pulgadas), 7.96 cm (3.13 pulgadas) que sería el P80, y 1.91 cm (3/4 de pulgada). Y en el eje de las ordenadas se indica el porcentaje pasante (%).



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 27. muestra el comparativo entre el objetivo requerido por la planta ore Sorting y los resultados de fragmentación de la simulación en la propuesta nro. 2. Que es el uso de detonadores electrónicos. De esta manera el P80 estimado es de 3.13 pulgadas, acercándonos al objetivo de 3.6 pulgadas, mientras que el porcentaje pasante de 5 pulgadas supera los 90% de objetivo a un 95.89%, en el caso de 3/4 pulgadas se acerca a 30.97% de 30% del objetivo, y como fragmentación entre 5 pulgadas y 3/4 pulgada se tiene un 65.92% de material fragmentado, de un 60% de objetivo mínimo que requiere esta planta.



Gráfico 27. Comparativo entre objetivo y propuesta Nro. 2.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Comparativo de resultados de fragmentación entre línea base y propuestas.

Se elabora 2 propuestas técnicas, mediante la aplicación de los modelos predictivos de fragmentación:

- Propuesta Nro. 1: Uso de detonadores duales.
- Propuesta Nro. 2: Uso de detonadores electrónicos.

La malla de perforación para las 2 propuestas será burden 1.80 m. Espaciamiento 1.80m, dependiendo del ancho de veta. Taladros con diámetro de 64 mm, carguío con emulsión encartuchada 3000 de 1 1/2" x 24" para taladros de producción y emulsión encartuchada 1000 para

taladros de caja techo, con un factor de potencia de diseño de 0.29 kg/tn, en caso de la línea base se tiene un factor de potencia de 0.36 kg/tn.



Gráfico 28. Comparativo variables de fragmentacion linea base y propuestas.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

El gráfico 28. muestra el comparativo entre la medición de fragmentación de línea base y los resultados de la simulación realizada en las dos propuestas:

- La propuesta Nro. 1, estima un P80 de 4 pulgadas, además de un 87.34% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 29.10% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas, con el uso de detonador dual con retardos de 450/17 ms, fulminante de conexión de superficie entre 17 y 25 ms.
- De la propuesta Nro. 2, se estima un P80 de 3.13 pulgadas, además de un 95.89% pasante para un tamiz de 5 pulgadas y 30.97% pasante para un tamiz de ³/₄ pulgadas, con el uso de detonador electrónico con tiempos entre taladros de 8 ms y filas de 42ms.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN EL DISEÑO DE VOLADURA Y MEDICION DE RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN

4.1 Aplicación de pruebas de voladura de acuerdo a la propuesta Nro. 1: Uso de detonador dual.

La propuesta Nro. 1, se basa en disminuir el tiempo de detonación entre taladros, pasando de 500 ms (periodo largo) a intervalos de 17 ms, con retardos entre filas de 25. Además, estos accesorios cuentan con un retardo en fondo de 450 ms.

De esta manera se planifico aplicar el diseño de voladura de la propuesta Nro. 1 en un total de 6 disparos en taladros largos distribuidas en las vetas Angela, Barbara y Keyla todas con clasificación de roca tipo IIIB. En el gráfico 29. Se observa la distribución de las pruebas por veta.



Gráfico 29. Distribución de las pruebas de voladura con la propuesta Nro. 1

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

A continuación, se detallan las 6 pruebas de voladura realizadas, las cuales tuvieron la siguiente secuencia para el proceso de prueba de voladura:

- Elección de la zona de voladura junto al área de mina y planeamiento.
- Diseño de secuencia de detonación con detonador dual.
- Diseño de carguío con emulsión encartuchada de acuerdo a altura de banco y geometría de veta.
- Proceso de carguío de explosivos, amarre de malla y chispeo de voladura.
- Toma de fotografías de pila de material fragmentado.
- Procesamiento de imágenes mediante software Desktop Split.
- Análisis de resultados granulométricos post voladura.

4.1.1 Prueba De Voladura Nº01

Se programó la primera prueba de voladura con detonador dual para la fecha 18/10/2021 en el tajo TJ5300 del nivel 4280 en la Veta Angela. En la tabla 38 se detalla los datos generales del disparo y los datos de campo.

DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 01								
Dato	Datos Generales Datos de Campo							
Fecha	18/10/2021		Densidad	T/m ³	2.5			
Nivel	4290 4280		N° de fracturas /metro ore	f/m	15			
Labor	TJ 5300 AC532677		Nº de fracturas /metro waste	f/m	9			
Seccion	4.8 5.4		Ancho de cara libre	m	4.8			
Zona	ANG	GELA	Longitud de Barra	Pies	-			
Turno	0	DIA	Longitud de taladro	m	15			
BXS (m.)	1.8 2		Ø taladro de produccion	mm	64			
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64			
Tipo de Roca		IIB	Nº de Taladros cargados	Und	18			
RMR	4	41	N° de Taladros de alivio	Und	6			

Tabla 38Datos de prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, así como emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 39.

PERFORACIÓN			CART	ACCESORIOS							
		E5000 1 1/2"x24"		E3000 1 1/2"x24"		E1000 1 1/2"x24"		Total	Carga		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Cart.	Tal	Retardo Fanel® Dual Uv 450/17 ms	Cant.
Taladro de Alivio (64mm)	6		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	6		0	31	186		0	31	22.79	0, 17,25,42,50,67	6
Taladro de caja piso	3		0		0	30	90	30	20.83	34,59,84	3
Taladro de caja techo	3		0		0	30	90	30	20.83	17,42,67	3
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	18	Total cart:	0	Total cart:	186	Total cart:	180				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	261.76	0.00	Kg	136.76	Kg	125.00	Kg				12

Tabla 39Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 30. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 1, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.



Gráfico 30. Diseño de Secuencia usando detonador dual

En la fotografía 11. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 11. Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 40. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m³	598.66	
Tonelaje roto	т	1392.85	
Factor de Carga	Kg/m ³	0.44	
Factor de Potencia	Kg/T	0.19	1 Carguio de taladros de caja techo y piso con Emulnor 1000.
P80	Pulgadas	4.46	2. Resultados granulométrciso con 12 fotos analizadas.
% Pasante en 5" (127mm)	%	84.57	
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	25.6	
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	58.97	

Tabla 40Resultados de la prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 12. Pila de material fragmentado post voladura.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 31. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Gráfico 31. Análisis de fotografía con Split Desktop

El gráfico 32. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 4.46 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 84.57%, el porcentaje pasante de $\frac{3}{4}$ " fue de 25.64%, resultando así un 58.97% del material roto entre 5" y $\frac{3}{4}$ ", para un tipo de roca IIIB.

Fuente: Elaboración Propia.



Gráfico 32. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 1

Fuente: Software Desktop Split.

	01 Disparo TL
Tamaño[pulg]	% Pasante
15,00	100,00
10,00	99,23
8,00	97,01
6,00	90,69
5,00	84,57
4,00	75,35
2,00	47,34
1,00	30,40
0,75	25,64
0,50	20,34
0,38	17,38
0,25	14,07
0,19	12,17
0,08	8,15
	01 Disparo TL
Pasante	Tamaño[pulg]
F10	0,12
F20	0,49
F30	0,98
F40	1,55
F50	2,17
F60	2,82
E70	3,55
F80	4,46
F90	5,86
Topsize (99.95%)	12,12

Tabla 41Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1

Fuente: Software Desktop Split.

4.1.2 Prueba De Voladura N[•]02

Se programó la segunda voladura de prueba con detonador dual para la fecha 20/10/2021 en el tajo TJ8000 del nivel 4280 en la Veta Barbara, los detalles del disparo se presentan en la tabla 42.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 02										
Dato	s Generale	S	Datos de Campo	Unidad	Cantidad						
Fecha	20/10	0/2021	Densidad	T/m ³	2.55						
Nivel	4280	4265	N° de fracturas /metro ore	f/m	15						
Labor	TJ 8000	AC802459	N° de fracturas /metro waste	f/m	15						
Seccion	3.5	8.5	Ancho de cara libre	m	3.5						
Zona	BAR	BARA	Longitud de Barra	Pies	-						
Turno	NO	CHE	Longitud de taladro	m	16						
BXS (m.)	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64						
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64						
Tipo de Roca	1	IIB	N° de Taladros cargados	Und	15						
RMR		41	N° de Taladros de alivio	Und	4						

Tabla 42Datos de prueba de voladura Nro. 02.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, ya que no se presenta condiciones adversas como fallas cercanas fuera de la zona de tajeo, así como mulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 43.

Tabla 43	Distribución de	explosivos y	accesorios prueba	de	voladura	Nro.	02.
----------	-----------------	--------------	-------------------	----	----------	------	-----

PERFORACIÓN	PERFORACIÓN			CARTUC	HOS PO	R TALADRO	ACCESORIOS				
		E5000 1 1/2"x24"		E3000 1 1/2"x24"		E1000 1 1/2"x24"		Tota	Carga /		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	I Cart.	Tal	Retardo Fanel® Dual Uv 450/17 ms	Cant.
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	5		0	35	175		0	35	25.74	0,25,50,75,134	5
Taladro de caja piso	5		0	34	170		0	34	25.00	17,42,67,92,151	5
Taladro de caja techo	5		0	34	170		0	34	25.00	17,42,67,109,168	5
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	19	Total cart:	0	Total cart:	515	Total cart:	0				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	378.68	0.00	Kg	378.68	Kg	0.00	Kg				15

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 33. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 2, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.



Gráfico 33. Diseño de Secuencia usando detonador dual



En la fotografía 13. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 13. Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 02.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 44. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m³	557.37	
Tonelaje roto	т	1485.94	
Factor de Carga	Kg/m ³	0.68	1 El carguio se realizó con
Factor de Potencia	Kg/T	0.25	Emulnor 3000 produccion, caja piso y techo, debido a que la
P80	Pulgadas	4.61	caja techo no presenta fallas cercanas fuera del limite de
% Pasante en 5" (127mm)	%	82.92	tajeo.
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	27.81	
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	55.11	

Tabla 44Resultados de la prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.





Fuente: Elaboración propia

La gráfica 34. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.





Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 35. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 4.61 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 82.92%, el porcentaje pasante de $\frac{3}{4}$ " fue de 27.81%, resultando así un 55.11% del material roto entre 5" y $\frac{3}{4}$ ", para un tipo de roca IIIB.



Fuente: Software Desktop Split.

		T.L. PRUEBA 02
	Tamaño[pulg]	% Pasante
	25,00	100,00
	15,00	99,63
	10,00	97,32
	8.00	94,69
	6.00	88.66
	5,00	82,92
	4,00	74,86
	2,00	49,78
	1.00	32,91
	0,75	27,81
1	0,50	21,98
	0,38	18,62
	0,25	14,76
	0,19	12,51
	0,08	7,69
		T T DRIFFR 02
	5 December	Tamaño (rula)
	* Fasance	C 12
	710	0,13
	720	0,42
	730	0,05
	710	1,40
	F50	2,01
	F60	2,69
d	F70	3,51
4	180	4,61
	190	6,31
	Topsize (99.95%)	17,52

Tabla 45Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 2

Fuente: Software Desktop Split.

4.1.3 Prueba De Voladura Nº03

Se programó la tercera voladura de prueba con detonador dual para la fecha 24/10/2021 en el tajo TJ7900 del nivel 4200 en la Veta Angela, los detalles del disparo se presentan en la tabla 46.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 03										
Dato	s Generale:	S	Datos de Campo	Unidad	Cantidad						
Fecha	24/10/2021		Densidad	T/m ³	2.55						
Nivel	4200	4220	Nº de fracturas /metro ore	f/m	15						
Labor	TJ 7900	IM792061	N° de fracturas /metro waste	f/m	15						
Seccion	3.5 11		Ancho de cara libre	m	3.5						
Zona	ANC	GELA	Longitud de Barra	Pies	-						
Turno	C	AIA	Longitud de taladro	m	14.8						
BXS (m.)	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64						
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64						
Tipo de Roca	IIB		N° de Taladros cargados	Und	19						
RMR	4	40	N° de Taladros de alivio	Und	4						

Tabla 46Datos de prueba de voladura Nro. 03.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, así como emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 47.

Tabla 47	Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 03.

PERFORACIÓN				CARTU	ACCESORIOS						
DESCRIPCION	NO Tol	E5000 1 1	/2"x24"	E300011	/2"x24"	E1000 1 1	/2"x24"	Total	Carga /	Botardo Fanol® Dual Ily 450/17 ms	Cont
DESCRIPCION	Nº Tai	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Cart.	Tal		Gant.
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	6		0	30	180		0	30	22.06	0,25,50,75,100,125	6
Taladro de caja piso	6		0		0	28	168	28	19.44	17,34,67,92,117,142	6
Taladro de caja techo	7		0		0	26	182	26	18.06	17,34,51,67,92,117,142	7
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	23	Total cart:	0	Total cart:	180	Total cart:	350				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	375.41	0.00	Kg	132.35	Kg	243.06	Kg				19

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 36. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 3, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.





En la fotografía 15. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 15. Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 03.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 48. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m³	1051.07	
Tonelaje roto	т	2160.51	1 Voladura controlada en caja
Factor de Carga	Kg/m ³	0.36	techo con carga desacoplada y espaciada de E1000.
Factor de Potencia	Kg/T	0.17	2Control de caja piso con carga continua de E1000.
P80	Pulgadas	4.49	3Carguio de taladros de produccion con carga continua
% Pasante en 5" (127mm)	%	83.03	de E3000. 4 Se utilizo doble CTD UV en
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	33.34	lineas troncales.
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	49.69	

Tabla 48Resultados de la prueba de voladura Nro. 03.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 16.

Pila de material fragmentado post voladura.



Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

La gráfica 37. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Gráfico 37. Análisis de fotografía con Split Desktop



El gráfico 38. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 4.49 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 83.03%, el porcentaje pasante de ³/₄" fue de 33.34%, resultando así un 49.69% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.



Gráfico 38. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 3

Fuente: Software Desktop Split.

Tabla 49Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 3

	T.L. PRUEBA 03
Size[in]	% Passing
25.00	100.00
15.00	99.44
10.00	96.83
8.00	93.87
6.00	87.76
5.00	83.03
4.00	76.44
2.00	54.44
1.00	38.28
0.75	33.34
0.50	27.49
0.38	24.04
0.25	19.92
0.19	17.44
0.08	11.84
	T.L. PRUEBA 03
% Passing	Size[in]
F10	0.05
F20	0.25
F30	0.60
F40	1.09
F50	1.70
F60	2.40
F70	3.28
F80	4.49
F90	6.61
Topsize (99.95%)	17.19

Fuente: Software Desktop Split.

4.1.4 Prueba De Voladura N[•]04

Se programó la cuarta voladura de prueba con detonador dual para la fecha 31/10/2021 en el tajo TJ8800 del nivel 4345 en la Veta Keyla, los detalles del disparo se presentan en la tabla 50.

DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 04										
Datos Generales			Datos de Campo	Unidad	Cantidad					
Fecha	31/10/2021		Densidad	T/m ³	2.55					
Nivel	4345 4330		N° de fracturas /metro ore	f/m	19					
Labor	TJ8800 AC880523		N° de fracturas /metro waste	f/m	10					
Seccion	2.4 18		Ancho de cara libre	m	2.5					
Zona	KEYLA		Longitud de Barra	Pies	-					
Turno	NOCHE/DIA		Longitud de taladro	m	14.5					
BXS (m.)	1.8	2	Ø taladro de produccion	mm	64					
Taco Prom	n 0.5		Ø taladro de alivio	mm	64					
Tipo de Ro	IIIB		N° de Taladros cargados	Und	27					
RMR	4	5	N° de Taladros de alivio	Und	8					

Tabla 50Datos de prueba de voladura Nro. 04.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, así como emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 51.

Tabla 51	Distribución de e	explosivos y	accesorios	prueba d	le voladura	Nro. (94.

PERFORACIÓN	CARTUCHOS POR TALADRO								ACCESORIOS		
DESCRIPCION		E5000 1 1/2"x24		E3000 1 1/2"x24"		E1000 1 1/2"x24"		Tota	Carga /		
	Nº I al	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	I Cart.	Tal	Retardo Fanei® Duai UV 450/17 ms	Cant.
Taladro de Alivio (64mm)	8		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	9		0	31	279		0	31	22.79	0,59,118,185 // 0,59,118,185,244	9
Taladro de caja piso	9		0	31	279	0	0	31	22.79	17,76,143,202 // 34,76,143,202,261	9
Taladro de caja techo	9		0		0	29	261	29	20.14	34,93,160,219 // 17,93,160,219,278	9
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	35	Total cart	0	Total cart	558	Total car	261				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	591.54	0.00	Kg	410.29	Kg	181.25	Kg				27

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 39. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura Nro. 4, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.



Gráfico 39. Diseño de Secuencia usando detonador dual



En la fotografía 17. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 17. Proceso de carguío de prueba de voladura Nro. 04.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 52. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m³	621.48	
Tonelaje roto	т	1444.34	
Factor de Carga	Kg/m³	0.95	1 Se disparo en 2 fases:FASE 01 (4 filas), FASE 02 (5 filas)
Factor de Potencia	Kg/T	0.41	2Control de caja techo con carga continua de E1000.
P80	Pulgadas	4.03	produccion y caja piso con carga continua de E3000.
% Pasante en 5" (127mm)	%	86.94	4 Se utilizo doble CTD UV en lineas troncales.
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	32.21	
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	54.73	

Tabla 52Resultados de la prueba de voladura Nro. 04.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 18. Tajo 8800 post voladura.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 40. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 41. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 4.03 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 86.94%, el porcentaje pasante de $\frac{3}{4}$ " fue de 32.21%, resultando así un 54.73% del material roto entre 5" y $\frac{3}{4}$ ", para un tipo de roca IIIB.



Gráfico 41. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 4

Fuente: Software Desktop Split.

Tabla 53Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 4

	Creptord
712e(32)	A Persing
15.00	310,101
10.00	35.55
#.00	95,26
0.00	53.15
5,05	87.98
#.00.	79.75
2.40	55.78
1.10	31.74
0.75	32.21
0.50	51.85
0.46	23.15
0.35	17.87
10.05	25.36
0.00	3.58
	Conbineti
W Passing	312H(15)
#10	0.01
220	0.31
F30	0.88
7.40	1.32
230	3.84
260	2.25
\$70	8.03
290	4.05
590	5.54
Tipsize (35:954)	11107

Fuente: Software Desktop Split.

4.1.5 Prueba De Voladura N°05

Se programó la quinta voladura de prueba con detonador dual para la fecha 02/11/2021 en el tajo TJ8000 del nivel 4265 en la Veta Barbara, los detalles del disparo se detallan en la tabla 54.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 05										
Dato	s Generales		Datos de Campo	Unidad	Cantidad						
Fecha	2/11/2021		Densidad	T/m ³	2.55						
Nivel	4265	4280	N° de fracturas /metro ore	f/m	15						
Labor	TJ8000 AC802407		N° de fracturas /metro waste	f/m	20						
Seccion	5.5 8		Ancho de cara libre	m	5.5						
Zona	BARBARA		Longitud de Barra	Pies	-						
Turno	NOCHE		Longitud de taladro	m	16.4						
BXS (m.)	1.8	2	Ø taladro de produccion	mm	64						
Taco Promedio	0.5		Ø taladro de alivio	mm	64						
Tipo de Roca	IIB		N° de Taladros cargados	Und	12						
RMR	4	5	N° de Taladros de alivio	Und	4						

Tabla 54Datos de prueba de voladura Nro. 05.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, así como emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 55.

Tabla 55 Distribución de explosivos y	y accesorios prueba de voladura Nro. 05.
---	--

PERFORACIÓN		CARTUCHOS POR TALADRO								ACCESORIOS	
		E5000 1 1/2"x2		x24" E3000 1 1/		E100011	E1000 1 1/2"x24"		Cargal		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Cart.	Tal	Retardo Fanel® Dual Uv 450/17 ms	Cant.
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	6		0	38	228		0	38	27.94	0,17,25,42,50,67	6
Taladro de caja piso	3		0	35	105	0	0	35	25.74	17,42,67	3
Taladro de caja techo	3		0		0	36	108	36	25.00	34,59,84	3
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	16	Total cart	0	Total cart:	333	Total cart:	108				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	319.85	0.00	Kg	244.85	Kg	75.00	Kg				12

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 42. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura Nro. 5, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.



Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía 19. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 19. Resultado de fragmentación post voladura.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 56. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron
determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m³	660.47	
Tonelaje roto	т	1113.00	
Factor de Carga	Kg/m ³	0.48	1Control de caja techo con
Factor de Potencia	Kg/T	0.29	carga continua de E1000. 2Carguio de taladros de
P80	Pulgadas	4.76	produccion y caja piso con carga continua de E3000.
% Pasante en 5" (127mm)	%	82.14	3 Se utilizo doble CTD UV en
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	20.70	inicas ir officales.
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	61.44	

Tabla 56Resultados de la prueba de voladura Nro. 05.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 20. Tajo 8800 post voladura.



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 43. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Gráfico 43. Análisis de fotografía con Split Desktop

El gráfico 44. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 4.76 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 82.14%, el porcentaje pasante de ³/₄" fue de 20.70%, resultando así un 61.44% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfico 44. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 5.

Fuente: Software Desktop Split.



	T.L. PRUEBA 05
Size[in]	* Pazzing
15.00	100.00
10.00	98.51
8,00	Pd.13
6.00	59.01
8,00	82.14
4.00	72.01
2.00	42.68
1.00	25.53
0.75	20.70
0.50	15.45
0.30	12.58
0.25	9.45
0.19	7.71
0.08	4.24
	T.L. PRORBA OF
\$ Fessing	512e(101
F10	0.37
120	0.72
F30	1.24
E40	1.83
FSO	2.46
P60	3.12
170	3.04
F80	4.76
190	6.10
Topsize (95,95%)	14.45

Fuente: Software Desktop Split.

4.1.6 Prueba De Voladura N[•]06

Se programó la sexta voladura de prueba con detonador dual para la fecha 09/11/2021 en el tajo TJ8000 del nivel 4250 en la Veta Barbara, los detalles del disparo se presentan en la tabla 58.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 07										
Datos Generales			Datos de Campo	Unidad	Cantidad						
Fecha	cha 9/11/2021		Densidad	T/m ³	2.55						
Nivel	4250	4265	N° de fracturas /metro ore	f/m	15						
Labor	TJ8000	AC802361	N° de fracturas /metro waste	f/m	15						
Seccion	1.6	14	Ancho de cara libre	m	2						
Zona	BARBARA		Longitud de Barra	Pies	-						
Turno	D	IA	Longitud de taladro	m	15.4						
BXS (m.)	1.6	1.6	Ø taladro de produccion	mm	64						
Taco Prom	m 0.8		Ø taladro de alivio	mm	64						
Tipo de Ro	Ro IIIB		N° de Taladros cargados	Und	12						
RMR	4	5	N° de Taladros de alivio	Und	8						

Tabla 58Datos de prueba de voladura Nro. 06.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja techo y piso, ya que no se presenta condiciones adversas como fallas cercanas fuera de la zona de tajeo, así como emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en producción, tal como se observa en la tabla 59.

Tabla 59	Distribución	de explosivos y	accesorios p	orueba de	voladura	Nro. 06.
----------	--------------	-----------------	--------------	-----------	----------	----------

PERFORACIÓN			CARTUCHOS POR TALADRO					ACCESORIOS			
		E50001	1/2"x24"	E30001	1/2"x24"	E10001	1/2"x24"	Tota	Correl		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	l Cart.	Tal	Retardo Fanel® Dual Uv 450/17 ms	
Taladro de Alivio (64mm)	8		0					0	0		
Taladro de Produccion	4		0	32	128		0	32	23.53	0.59,118,177,236,295	4
Taladro de caja piso	4		0	31	124		0	31	22.79	25,84,143,202,261	4
Taladro de caja techo	4		0	31	124		0	31	22.79	42,101,160,177,219,200	4
TALADROS PERFORADOS	20	Total car	0	Total car	376	Total car	0				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	276.47	0.00	Kg	276.47	Kg	0.00	Kg				12

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 45. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 6, utilizando detonadores duales de 17 ms de retardo entre taladros y 25 ms entre filas.





En la fotografía 21. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 21. Resultado de fragmentación post voladura.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 60. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m ³	272.94	
Tonelaje roto	т	696.00	
Factor de Carga	Kg/m ³	1.01	1 Se utilizo doble CTD UV en
Factor de Potencia	Kg/T	0.40	lineas troncales.
P80	Pulgadas	5.00	3 Retardo entre taladros 17 y
% Pasante en 5" (127mm)	%	80.03	filas 42 ms.
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	28.02	
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	52.01	

Tabla 60Resultados de la prueba de voladura Nro. 06.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 22. Tajo 8800 post voladura.

Fuente: Elaboración propia

La gráfica 46. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Gráfico 46. Análisis de fotografía con Split Desktop

Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 47. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 5.00 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 80.03%, el porcentaje pasante de $\frac{3}{4}$ " fue de 28.02%, resultando así un 52.01% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.



Gráfico 47. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 6

Fuente: Software Desktop Split.

	IL PRUEBA D6
Side(10)	S Faceling
25,00	100,00
45,00	59.95
10,00	97,07
6,00	55.65
6.00	87.4#
5 « DV	00.61
4.00	70.90
2.00	96.30
4.00	10.42
0.75	25.61
0.50	20.12
0.30	18.94
0.25	13.29
D.IR	11.15
0.00	6,69
	TL PRUEBA 06
• Passing	912e(3.0)
870	0.16
¥20	0,49
F30	0.+97
540	1.37
750	2.27
260	3.05
\$10	3,92
540	9.93
250	4.33
Topatza (99,95%)	14.89

Tabla 61Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 6

Fuente: Software Desktop Split.

4.2 Análisis de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 1: Uso de detonadores duales.

Se muestra en el gráfico 48. los resultados de fragmentación de las 07 voladuras de pruebas realizadas con detonador dual, donde se usó una malla estándar con burden de 1.80m y espaciamiento de acuerdo a la potencia de veta, con emulsión encartuchada como explosivo de columna de carga, distribución de acuerdo al tipo de roca y estructuras presentes en la labor. El diseño de secuencia a usar fue de 17 ms entre taladros y 25 ms entre filas. Estos resultados de fragmentación se obtuvieron luego de su procesamiento de las fotografías de las pilas de material roto, en el software especializado Desktop Split. La barra roja muestra el porcentaje de material pasante de 5 pulgadas, la barra gris muestra el porcentaje pasante de 3/4 de pulgada y la barra ploma muestra el porcentaje pasante entre 5 pulgadas y 3/4 de pulgada.



Gráfico 48. Resultados de fragmentación con uso de detonador dual.

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 49. Muestra los resultados de P80 de las 07 pruebas de voladura con detonador dual.



Gráfico 49. Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador dual.

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 50. Muestra el promedio de los resultados de fragmentación de las 07 voladuras de prueba realizadas con la propuesta número 1: Uso de detonadores duales. De esa manera se obtuvo un 83.27% de material roto pasante de 5", un 27.95% de material roto pasante de 3/4 pulgadas y porcentaje pasante de ambas medidas con un valor de 55.33 %. Con un P80 de 4.56 pulgadas.



Gráfico 50. Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 1

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre lo estimado y real.

Como parte del análisis del estudio se realiza un comparativo entre los resultados estimados mediante el modelo predictivo de Kuz Ram y JKMRC y los resultados reales obtenidos de las 6 pruebas realizadas. En el gráfico 51, se observa que los resultados reales obtenidos se condicen con lo estimado por la validación de las 6 pruebas realizadas en voladuras de taladros largos. Así se tuvo una variación de -4.07% en la fragmentación pasante de 5 pulgadas, una variación de -1.15% en la fragmentación pasante de 3/4 de pulgada, y una variación de -2.91% en la fragmentación objetivo (entre 5 pulgadas y 3/4 de pulgada). Obteniendo así una fragmentación objetivo de 55.33%. En caso del P80, se observa una variación de +0.56 pulgadas, con un valor final de 4.56 pulgadas de P80.



Gráfico 51. Análisis Comparativo

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre pruebas y línea base.

El presente análisis comparativo es de suma importancia ya que muestra las mejoras obtenidas en fragmentación en comparación con los resultados de línea base medidos inicialmente. Para ello se compara las variables de fragmentación requeridas para la planta de Ore Sorting, las cuales son: porcentaje pasante entre 5" y ³/₄", porcentaje pasante de 5", porcentaje pasante de ³/₄" y P80.

En el gráfico 52. Se observa un incremento de 21.98% en el material grueso pasante de 5", un incremento de 7.15% en el material fino pasante de 3/4 de pulgada, estos resultados se reflejan en el incremento de la fragmentación objetivo (entre 5 y 3/4 pulgadas) la cual tuvo un incremento de 14.84% llegando a un 55.33 %.



Fuente: Elaboración Propia

El P80 muestra una reducción pasando de 8.49 pulgadas a 4.56 pulgadas, logrando una reducción en 3.93 pulgadas, esto representa un 46.29 % de reducción.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 54. Se observa una disminución entre el factor de potencia de línea base y las pruebas de voladura con la propuesta nro. 01. Con una reducción de 0.07 kg/tn, lo cual representa una disminución porcentual en 19%. Esta reducción se debe al explosivo de menor potencia usado en las pruebas de voladura.



Gráfico 54. Análisis de Factor de Potencia (kg/tn)

Fuente: Elaboración propia

4.3 Aplicación de pruebas de voladura de acuerdo a la propuesta Nro. 2: Uso de detonador electrónico.

La propuesta Nro. 2, se basa en disminuir el tiempo de detonación entre taladros, pasando de 500 ms (periodo largo) a intervalos de 8 ms, con retardos entre filas de 42 ms. Además, estos accesorios cuentan con una programación del retardo con intervalos de 1 ms hasta 20000 ms, programados en un chip electrónico lo cual reduce la dispersión en comparación con el retardo pirotécnico de los detonadores de periodo largo o duales.

De esta manera se planifico aplicar el diseño de voladura de la propuesta Nro. 2 en un total de 3 disparos en taladros largos distribuidas en la veta Rubí, por temas operativos, todas con clasificación de roca tipo IIIB.

4.3.1 Prueba De Voladura Nº01

Se programó la primera voladura de prueba con detonador electrónico para la fecha 15/04/2022 en el tajo TJ7900 del nivel 4290 en la Veta Rubí, los detalles del disparo se presentan en la tabla 62.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 01										
Datos	s Generales	;	Datos de Campo	Unidad	Cantidad						
Fecha	15/04/2022		Densidad	T/m ³	2.55						
Nivel	4290	4280	N° de fracturas /metro ore	f/m	15						
Labor	TJ 7900	AC934325	N° de fracturas /metro waste	f/m	15						
Seccion	1.9	16.4	Ancho de cara libre	m	2.2						
Zona	RUBI		Longitud de Barra	Pies	-						
Turno	NO	CHE	Longitud de taladro	m	10.7						
BXS (m.)	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64						
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64						
Tipo de Roca	III-B		N° de Taladros cargados	Und	12						
RMR	4	15	N° de Taladros de alivio	Und	4						

Tabla 62Datos de prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja piso y producción, así como emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en taladros de caja techo, tal como se observa en la tabla 63.

PERFORACIÓN		CARTUCHOS POR TAL					DRO		ACCESORIOS		
		E5000 1	1/2"x24"	E3000 1	1/2"x24"	E1000 1	1/2"x24"	Total		Retardo	
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal		und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Cart.	Carga / Ta	Fametronic® XPRO	Cant.
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	4		0	18	72		0	18	13.24	58,116,174	4
Taladro de caja piso	4		0	18	72		0	18	13.24	8,66,124,182	4
Taladro de caja techo	4		0		0	18	72	18	12.50	16,74,132,190	4
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	16	Total car	0	Total car	144	Total car	72				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	155.88	0.00	Kg	105.88	Kg	50.00	Kg				12

Tabla 63 Distribución de explosivos y accesorios prueba de voladura Nro. 01.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 55. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 1, utilizando detonadores electrónicos con 8 ms de retardo entre taladros y 42 ms entre filas.



Gráfico 55. Diseño de Secuencia usando detonador electrónico.

Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía 23. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 23. Proceso de carguío con detonador electrónico.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 64. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:			
Volumen roto	m ³	557.37				
Tonelaje roto	Т	646.00	1 Se cargo la caja techo con			
Factor de Carga	Kg/m ³	0.28	Emulnor 1000 continuo para su			
Factor de Potencia	Kg/T	0.24	control.			
P80	Pulgadas	3.73	segundo tramo del tajo.(04 filas)			
% Pasante en 5" (127mm)	%	90.42	3 Se utilizo cordon detonante			
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	29.96	10P en la columna explosiva.			
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	60.46				

Tabla 64	Resultados	de la	prueba	de	voladura	Nro.	01.
	Resultauos	ut la	prucoa	uc	voiauura	1110.	01.

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 56. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Gráfico 56. Análisis de fotografía con Split Desktop

Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 57. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 3.73 pulgadas, el porcentaje pasante de

5" fue de 90.42%, el porcentaje pasante de 3/4" fue de 29.96%, resultando así un 60.46% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.



Gráfico 57. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 1



1 a p a v s = D a v s u c cu va granulom cu ca u ca prucha 110 .	Tabla 65	Datos de curva	granulométrica de	la prueba Nro.
--	----------	----------------	-------------------	----------------

	AC931325
mide [An]	V Passing
45.00	100,00
10.00	99.51
8.00	50124
£.00	75.86
\$100	90,42
9100	82194
2.00	54,04
3100	35,20
5.75	20,14
0.50	29.24
0.30	21.32
0.25	17,00
0.15	15157
0,09	11,22
C. C. State Mark	ACROSSES
* Passang	9228(27)
720	0.06
#20	0.33
730	12.75
740	2125
250	3178
THO.	3183
#10	2,90
250	3119
190	419.8
296	6,15
Topelar (35.909)	31-75

Fuente: Software Desktop Split.

4.3.2 Prueba De Voladura N[•]02

Se programó la segunda voladura de prueba con detonador electrónico para la fecha 16/04/2022 en el tajo TJ7900 del nivel 4330 en la Veta Rubí, los detalles del disparo se presentan en la tabla 66.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 02							
Datos	s Generales	;	Datos de Campo	Unidad	Cantidad			
Fecha	16/04	/2022	Densidad	T/m ³	2.55			
Nivel	4330	4315	N° de fracturas /metro ore	f/m	15			
Labor	7900 AC934721		N° de fracturas /metro waste	f/m	20			
Seccion	1.9 20		Ancho de cara libre	m	3.5			
Zona	RI	JBI	Longitud de Barra	Pies	-			
Turno	NO	CHE	Longitud de taladro	m	9.6			
BXS (m.)	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64			
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64			
Tipo de Roca	III-B		N° de Taladros cargados	Und	16			
RMR	45		N° de Taladros de alivio	Und	4			

Tabla 66	Datos de	prueba de	voladura	Nro.	02.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja piso y producción, así como emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en taladros de caja techo, tal como se observa en la tabla 67.

Tabla 67	Distribución d	le explosivos v	accesorios prueba	de voladura	Nro. 02.
	Distribución	ic capitos y	accession pracoa	uc voiauui a	

PERFORACIÓN			CARTUCHOS POR TALADRO						ACCESORIOS		
		E50	000 1	E3000 1		E1000 1		Tota	0		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	। Cart.	Tal	Retardo Fametronic® XPRO	Can
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	5		0	18	90		0	18	13.24	25,67,109,151,193	5
Taladro de caja piso	5		0	18	90		0	18	13.24	30,72,114,156,198	5
Taladro de caja techo	6		0		0	17	102	17	11.81	30,72,114,156,198	6
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	20	Total ca	0	Total ca	180	Total ca	102				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	203.19	0.00	Kg	132.35	Kg	70.83	Kg				16

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 58. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 2, utilizando detonadores electrónicos con 8 ms de retardo entre taladros y 42 ms entre filas.



Gráfico 58. Diseño de Secuencia usando detonador dual

En la fotografía 25. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 25. Proceso de carguío con detonador electrónico.

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 68. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:
Volumen roto	m ³	327.69	
Tonelaje roto	Т	835.60	1 -Carquio de taladros de
Factor de Carga	Kg/m ³	0.62	produccion con carga continua
Factor de Potencia	Kg/T	0.24	de E3000.
P80	Pulgadas	3.66	10P en la columna explosiva.
% Pasante en 5" (127mm)	%	91.40	3 Se disparo el primer tramo del
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	34.70	tajo (05 filas)
% Pasante entre 3/4" y 5"	%	56.70	

Tabla 68Resultados de la prueba de voladura Nro. 02.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 26.

Pila de material fragmentado post voladura tajo 7900.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 59. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 60. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 3.66 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 91.40%, el porcentaje pasante de 3/4" fue de 34.70%, resultando así un 56.70% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.



Fuente: Software Desktop Split



And And A	A0934721
Size[in]	Passing
15.00	100.00
10.00	99.70
0.00	99.39
6.00	95.96
5.00	P1.40
00.T	63.64
2.00	56.72
1.00	39.79
9.75	34:70
0.50	28.87
0.38	26.49
0.25	24.95
0.19	19,20
0.08	13.91
and the second s	
	Date Constant
Contraction of the second seco	AC534721
# Passing	Size[in]
110	0.03
620	0.21
8.30	0.58
T#0	1.01
850	3189
1.20	2.23
8720	2.88
FSO	3,66
8.50	4.78
196	6.01
Topsize (99,95%)	33.02

Fuente: Software Desktop Split.

4.3.3 Prueba De Voladura N°03

Se programó la tercera voladura de prueba con detonador electrónico para la fecha 26/04/2022 en el tajo TJ9300 del nivel 4345 en la Veta Rubí, los detalles del disparo en la tabla 70.

	DATOS DE PRUEBA DE VOLADURA NRO. 03							
Datos	s Generales	;	Datos de Campo	Unidad	Cantidad			
Fecha	26/04	/2022	Densidad	T/m ³	2.55			
Nivel	4345 4330		N° de fracturas /metro ore	f/m	15			
Labor	9300 AC934841		Nº de fracturas /metro waste	f/m	20			
Seccion	1.9 14		Ancho de cara libre	m	3.5			
Zona	RI	JBI	Longitud de Barra	Pies	-			
Turno	NO	CHE	Longitud de taladro	m	8.6			
BXS (m.)	1.8	1.8	Ø taladro de produccion	mm	64			
Taco Promedio	0.8		Ø taladro de alivio	mm	64			
Tipo de Roca	III-B		N° de Taladros cargados	Und	12			
RMR	45		N° de Taladros de alivio	Und	4			

Tabla 70Datos de prueba de voladura Nro. 03.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de carguío contempla usar emulsión encartuchada 3000 1 1/2"x24" como columna de carga en caja piso y producción, y emulsión encartuchada 1000 1 1/2"x24" como columna de carga en taladros de caja techo, tal como se observa en la tabla 71.

Tabla 71	Distribución de explo	osivos v accesorios	prueba de voladur	a Nro. 01.
	Distribución de capio	Joi tob y accession	prucou uc voluuur	a 1 11 01 0 11

PERFORACIÓN			CARTUCHOS POR TALADRO						ACCESORIOS		
		E5000 1 1	/2"x24"	4" E3000 1 1/2"x24"		E1000 1 1/2"x24"		Total	Carga /		
DESCRIPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/tal	Cart.	Tal	Retardo Fametronic [®] XPRO	Cant
Taladro de Alivio (64mm)	4		0					0	0		
Taladro de Alivio (Rimados)	0		0					0	0		
Taladro de Produccion	4		0	17	68		0	17	12.50	0, 58, 116,174	4
Taladro de caja piso	4		0	17	68		0	17	12.50	8,66,124,182	4
Taladro de caja techo	4		0		0	17	68	17	11.81	16, 74,132, 190	4
Taladro de corona	0		0		0		0	0	0		
TALADROS PERFORADOS	16	Total cart:	0	Total cart:	136	Total cart:	68				
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO	147.22	0.00	Kg	100.00	Kg	47.22	Kg				12

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 61. Se muestra el diseño de secuencia de la prueba de voladura nro. 3, utilizando detonadores electrónicos con 8 ms de retardo entre taladros y 42 ms entre filas.



Gráfico 61. Diseño de Secuencia usando detonador dual

Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía 27. se muestra el proceso de carguío de explosivos de acuerdo al diseño planteado.



Fotografía 27. Proceso de programación de detonadores electrónicos.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados post voladura se muestran en la tabla 72. En el caso del volumen roto y tonelaje roto se considera el valor indicado por balanza al final de la guardia, por lo tanto, lo valores de factor de carga y potencia son reales y no teóricos. Además, las variables de fragmentación fueron determinados luego de su procesamiento de las fotografías de pilas de mineral roto, en el software especializado Desktop Split.

RESULTADOS:	Unidad	Cantidad	OBSERVACIONES:		
Volumen roto	m³ 192.94 1 T 492.00 E1 Kg/m³ 0.76 2.		1 Voladura controlada en caja		
Tonelaje roto			E1000.		
Factor de Carga			2Carquio de taladros de		
Factor de Potencia	Kg/T	0.30	produccion y caja piso con carga		
P80	Pulgadas	3.82	continua de E3000.		
% Pasante en 5" (127mm)	%	93.06	3 Se utilizo cordon detonante 10P en la columna explosiva.		
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	18.64	A. Co dianara al aomundo trama		
% Pasante entre 3/4" y 5" %		74.42	del tajo (4 filas)		

Tabla 72Resultados de la prueba de voladura Nro. 03.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 28. Tajo 9300 post voladura.

Fuente: Elaboración propia

La gráfica 62. Muestra una de las fotografías iniciales tomada de cancha de mineral y la fotografía posterior procesada en el software Desktop Split, para determinar las variables de fragmentación requeridos: P80, % Pasante de 5 pulgadas, % Pasante de 3/4 pulgadas.



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 63. Muestra la curva de fragmentación obtenida luego del procesamiento de las imágenes representativas de la pila de material roto. Además, muestra el cuadro de valores para la gráfica de la curva, de donde se obtiene que el P80 es de 3.82 pulgadas, el porcentaje pasante de 5" fue de 93.06%, el porcentaje pasante de 3/4" fue de 18.64%, resultando así un 74.42% del material roto entre 5" y 3/4", para un tipo de roca IIIB.



Gráfico 63. Curva Granulométrica de la Prueba Nro. 3

Fuente: Software Desktop Split

The second	Combaned
Size[in]	& Passing
10.00	100.00
5.00	99.76
6,00	97.63
5.00	93,04
4.00	82.55
2,00	44.20
1,00	23.76
0.75	10104
0-80	13.36
0.36	30.87
0.25	7.26
D-1W	6.25
0.05	3.35
5 G	Combaned
& Passing	Sizelinl
F10	0.35
P2.0	0.82
F30	1,30
F40	1,79
FB0	2.25
2°00	2.75
210	2,25
280	3.92
290	3155
FDE	5.50
Topsage (99.95%)	8.36
and the second	

Tabla 73Datos de curva granulométrica de la prueba Nro. 1

Fuente: Software Desktop Split.

4.3.4 Análisis de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 2: Uso de detonadores electrónicos.

Se muestra en el gráfico 64. los resultados de fragmentación de las 03 voladuras de pruebas realizadas con detonador electrónico, donde se usó una malla estándar con burden de 1.80m y espaciamiento de acuerdo a la potencia de veta, con emulsión encartuchada como explosivo de columna de carga, con una distribución de acuerdo al tipo de roca y estructuras presentes en la labor. El diseño de secuencia a usar fue de 8 ms entre taladros y 42 ms entre filas. Estos resultados de fragmentación se obtuvieron luego de su procesamiento de las fotografías de las pilas de material roto, en el software especializado Desktop Split. La barra roja muestra el porcentaje de material pasante de 5 pulgadas, la barra gris muestra el porcentaje pasante de 3/4 de pulgada y la barra ploma muestra el porcentaje pasante entre 5 pulgadas y 3/4 de pulgada.



Gráfico 64. Resultado de fragmentación con uso de detonador electrónico.

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 65. Muestra los resultados de P80 de las 03 pruebas de voladura con detonador electrónico.



Gráfico 65. Resultados de P80 de las pruebas de voladura con detonador electrónico.

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 66. Muestra el promedio de los resultados de fragmentación de las 03 voladuras de prueba realizadas con la propuesta número 2: Uso de detonadores electrónicos. De esa manera se obtuvo un 91.63% de material roto pasante de 5", un 27.77% de material roto pasante de 3/4 pulgadas y porcentaje pasante de ambas medidas con un valor de 63.86%, con un valor de P80 de 3.74 pulgadas.



Gráfico 66. Promedio de resultados de fragmentación de la propuesta Nro. 2

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre lo estimado y real.

Como parte del análisis del estudio se realiza un comparativo entre los resultados estimados mediante el modelo predictivo de Kuz Ram y JKMRC y los resultados reales obtenidos de las 6 pruebas realizadas. En el gráfico 67. se observa que los resultados reales obtenidos se condicen con lo estimado por la validación de las 3 pruebas realizadas en voladuras de taladros largos. Así se tuvo una variación de -4.26% en la fragmentación pasante de 5 pulgadas, una variación de -3.2% en la fragmentación pasante de 3/4 de pulgada, y una variación de -1.06% en la fragmentación objetivo (entre 5 pulgadas y 3/4 de pulgada). Obteniendo así una fragmentación objetivo de 63.86%. En caso del P80, se observa una variación de +0.61 pulgadas, con un valor final de 3.74 pulgadas de P80.



Gráfico 67. Análisis Comparativo

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Análisis comparativo de resultados de fragmentación entre pruebas y línea base.

El presente análisis comparativo es de suma importancia ya que muestra las mejoras obtenidas en fragmentación en comparación con los resultados de línea base medidos inicialmente. Para ello se compara las variables de fragmentación requeridas para la planta de Ore Sorting, las cuales son: porcentaje pasante entre 5" y ³/₄", porcentaje pasante de 5", porcentaje pasante de ³/₄" y P80.

En el gráfico 68. Se observa un incremento de 30.34% en el material grueso pasante de 5", un incremento de 6.97% en el material fino pasante de 3/4 de pulgada, estos resultados se reflejan en el incremento de la fragmentación objetivo (entre 5 y 3/4 pulgadas) la cual tuvo un incremento de 23.37% llegando a un 63.86 %.





El P80 muestra una reducción pasando de 8.49 pulgadas a 3.76 pulgadas, logrando una reducción en 4.75 pulgadas, esto representa un 55.9 % de reducción.



Gráfico 69. Análisis P80

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 70. Se observa una disminución entre el factor de potencia de línea base y las pruebas de voladura con la propuesta nro. 02. Con una reducción de 0.10 kg/tn, lo cual representa una disminución porcentual en 27%. Esta reducción se debe al explosivo de menor potencia usado en las pruebas de voladura.





4.4 Análisis de Costos Extras por Fragmentación deficiente para la Planta Ore Sorting

De acuerdo a los objetivos requeridos por la planta de Ore Sorting para la selección automatizada de mineral y desmonte, se requiere que el 60% del mineral abastecido se encuentre con una fragmentación entre ³/₄" de pulgada y 5", con un máximo de 10% de material por encima de 5" y un máximo de 30% de material por debajo de ³/₄". Esto debido a que el material muy grueso mayor a 5" no puede ser lanzado y seleccionado por los inyectores neumáticos, mientras que el material muy fino no tiene una ubicación fija en la faja para su análisis como mineral o desmonte.

En el caso de las evaluaciones de fragmentación de las voladuras iniciales, se observó los resultados siguientes 61.3% pasante de 5", 20.8% pasante de ³/₄" y solo un 40.5% dentro del objetivo requerido, los cuales no cumplen con los requisitos solicitados por esta planta. Por lo cual se tendría los siguientes costos extras identificados.

Fuente: Elaboración propia.

- El material excesivo grueso por encima de 5" pulgadas tiene que ser trasladado a chancadora primaria para su disminución de tamaño, lo cual implica el uso de cargadores frontales y volquetes.
- 2. El material excesivo fino por debajo de ³/₄" pulgada, tiene que ser llevado directamente a tratamiento de planta concentradora, ya que no podrá recibir un tratamiento previo en la planta de Ore Sorting. Por lo cual se incurre en los gastos de cargador frontal y volquetes.

Los costos asociados son:

Manipuleo y Transporte		
Cargador Frontal	1.09	USD \$/tn
Volquete	1.68	USD \$/tn

Tabla 74Costos de Manipuleo y Transporte

Realizando una simulación para un tratamiento de 1000 Tn por día, se tendría lo siguiente:

✓ Costos extras en caso de voladura deficiente, el análisis corresponde a los resultados de fragmentación de línea base, en donde se observa que el material grueso por encima de 5" es de 38.7%, a este valor se le descuenta lo permitido por el proyecto que es de 10% de material grueso, por lo tanto, se tiene un 28.7% de material grueso que tiene que ser re manipulado mediante cargadores frontales y llevado a chancadora por volquetes. En el caso de finos el proyecto permite un máximo de 30% de finos y de acuerdo a la línea base no se supera este valor, por lo cual no genera sobre costos.

Fuente: Área de Productividad U.M Inmaculada.
Sobre costos Levantamiento Línea Base						
Sobre costo por re-manipulación de mineral						
a. % Pasante de 5"	61.3	%				
b. % Pasante de 3/4 "	20.7	%				
c. % Objetivo (entre 5" y 3/4")	40.6	%				
1. Costo de cargador frontal	1.09	usd/tn				
2. Costo de volquete	1.68	usd/tn				
3. Tonelaje enviado a planta O.S	1000.00	tn/dia				
4. Tonelaje re-manipulado Grueso	287.00	tn/dia				
5. Tonelaje re-manipulado Finos	0.00	usd/dia				
6. Costo total Material Grueso	1589.98	usd/dia				
7. Costo total Material Fino	0.00	usd/dia				
8. Costo total dia	1589.98	usd/dia				
9. Costo total mes	47699.40	usd/mes				
10. Costo total año	572392.80	usd/año				

Tabla 75Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de línea base.

Fuente: Elaboración propia.

✓ Costos extras en caso de voladura con la propuesta N°1: Uso de detonadores duales, en donde se observa que el material grueso por encima de 5" es de 17.0%, a este valor se le descuenta lo permitido por el proyecto que es de 10% de material grueso, por lo tanto, se tiene un 7.0% de material grueso que tiene que ser re manipulado mediante cargadores frontales y llevado a chancadora por volquetes. En el caso de finos el proyecto permite un máximo de 30% de finos y de acuerdo a los resultados de fragmentación no se supera este valor, por lo cual no genera sobre costos.

Sobre costos Propuesta Nro 1: Detonador Dual							
Sobre costo por re-manipulación de mineral							
a. % Pasante de 5"	83.0	%					
b. % Pasante de 3/4 "	28.0	%					
c. % Objetivo (entre 5" y 3/4")	55.0	%					
1. Costo de cargador frontal	1.09	usd/tn					
2. Costo de volquete	1.68	usd/tn					
3. Tonelaje enviado a planta O.S	1000.00	tn/dia					
4. Tonelaje re-manipulado Grueso	70.00	tn/dia					
5. Tonelaje re-manipulado Finos	0.00	usd/dia					
6. Costo total Material Grueso	387.80	usd/dia					
7. Costo total Material Fino	0.00	usd/dia					
8. Costo total dia	387.80	usd/dia					
9. Costo total mes	11634.00	usd/mes					
10. Costo total año	139608.00	usd/año					

Tabla 76 Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de propuesta Nro. 1

Fuente: Elaboración propia.

✓ Costos extras en caso de voladura con la propuesta N°2: Uso de detonadores electrónicos, en donde se observa que el material grueso por encima de 5" es de 8.4%, a este valor se encuentra dentro del rango permitido por el proyecto (10% de gruesos), en caso de los fragmentos finos no superan el máximo permitido de 30%, por lo cual no se generan costos extras con esta propuesta de voladura.

Sobre costos Propuesta Nro 2: Detonador Electrónico						
Sobre costo por re-manipulación de mineral						
a. % Pasante de 5"	91.6	%				
b. % Pasante de 3/4 "	27.8	%				
c. % Objetivo (entre 5" y 3/4")	63.9	%				
1. Costo de cargador frontal	1.09	usd/tn				
2. Costo de volquete	1.68	usd/tn				
3. Tonelaje enviado a planta O.S	1000.00	tn/dia				
4. Tonelaje re-manipulado Grueso	0.00	tn/dia				
5. Tonelaje re-manipulado Finos	0.00	usd/dia				
6. Costo total Material Grueso	0.00	usd/dia				
7. Costo total Material Fino	0.00	usd/dia				
8. Costo total dia	0.00	usd/dia				
9. Costo total mes	0.00	usd/mes				
10. Costo total año	0.00	usd/año				

Tabla 77 Cálculo de sobrecosto de por fragmentación de propuesta Nro. 2

Fuente: Elaboración propia.

De esa manera, con un tratamiento de 1000tn por día se tendría un sobrecosto inicial de 572 392.80 USD/año por las voladuras deficientes iniciales, reduciendo este sobrecosto a 139 608.00 USD/año al aplicar la propuesta de voladura N°2: Uso de detonador dual, mientras que con la propuesta N°3: Uso de detonador electrónico no se incurre en sobrecostos debido a que se cumple lo requerido por el proyecto.

CONCLUSIONES

- 1. Los resultados actuales de fragmentación de las voladuras en taladros largos, no cumplen los requisitos requeridos para la implementación de la planta de Ore Sorting, Por ello se propone dos nuevos diseños, la primera propuesta basada en el uso de detonador dual, la cual incrementó en 14.84% la fragmentación objetivo (entre 3/4" y 5") con un P80 de 4.56 pulgadas, mientras que la segunda propuesta basada en el uso de detonadores electrónicos incremento en 23.37% la fragmentación objetivo con un P80 de 3.74 pulgadas.
- 2. Los diseños actuales de voladura en taladros largos, no consideran los parámetros de voladura adecuados ni tampoco la influencia de la caracterización geomecánica en la fragmentación requerida para la planta de Ore Sorting, así en tipo de roca IIIB: se requiere un incremento en +28.71% en fragmentos de 5 pulgadas y un incremento en +9.20% para el porcentaje pasante de 3/4", en términos de P80 se requiere disminuir en 4.89 pulgadas. En tipo de roca IVA los resultados actuales de fragmentación cumplen con lo solicitado.
- 3. La caracterización geomecánica del macizo rocoso tiene influencia directa con los resultados de fragmentación, como se observa en el análisis de número de fracturas en un tipo de roca IIIB, se incrementa en 6.5% el porcentaje de finos (menores a 3/4") y en tipo de roca IVA se incrementa en 14.3%, mostrando claramente la influencia que tiene esta variable no controlable en los resultados granulométricos post voladura.
- 4. Los parámetros de diseño de voladura influyen directamente en los resultados de fragmentación, como se observa en el análisis de línea base, al aumentar la longitud de carga a 3.5m se incrementa el porcentaje de finos a 33.7%. En cambio, al usar una longitud más corta de 2.8m observamos que los finos se encuentran en 24.4%, eso implica una diferencia de -9.3%. La otra variable que también influye en la fragmentación es el tiempo de retardo

entre taladros, como se observó en los resultados favorables de fragmentación al usar detonadores duales y electrónicos.

5. Las voladuras deficientes en fragmentación producirán los siguientes sobrecostos: 1. El material excesivo grueso por encima de 5" pulgadas tiene que ser trasladado a chancadora primaria para su disminución de tamaño. 2. El material excesivo fino por debajo de 3/4 pulgadas, tiene que ser llevado directamente a tratamiento de planta concentradora. De esta se tiene un sobrecosto inicial de 572 392.80 USD/año por las voladuras deficientes iniciales, reduciendo a 139 608.00 USD/año al aplicar la propuesta de voladura N°1: Uso de detonador dual, mientras que con la propuesta N°2: Uso de detonador electrónico, no se incurre en sobrecostos debido a que se cumple lo requerido en fragmentación por el proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Debido a los resultados favorables de las pruebas de voladura realizadas con las 2 propuestas de diseño, se recomienda el uso de detonadores electrónicos con la propuesta de voladura Nro2. Que considera la siguiente secuencia: retardo entre taladros de 8 ms y retardo entre filas de 42 ms, aplicados en un tipo de roca IIIB con la malla estándar de perforación de burden 1.80m y espaciamiento de acuerdo a potencia de veta. Sin embargo, al ser nuevos en la unidad minera, se requiere de un entrenamiento adecuado al personal de voladura en el uso de estos sistemas de iniciación por parte de la empresa especializada quien provee los detonadores electrónicos.

2. Como se observó en la presente tesis, es importante considerar en los diseños de voladura los parámetros de burden, espaciamiento, tipo de explosivo, secuencia y parámetros de geomecánica los cuales influyen en los resultados de fragmentación, por ello se recomienda una evaluación integral de los diseños por parte del área de perforación y voladura, de acuerdo a los objetivos requeridos en los sub siguientes procesos operativos de mina y planta.

3. Se recomienda la continua caracterización geomecánica de las voladuras, considerando el número de fracturas por metro, y realizar diseños de voladura acorde a los parámetros de la roca, ya que de acuerdo al presente estudio se observó su influencia directa en los resultados de fragmentación, esto con el soporte de las áreas de geomecánica, perforación y voladura.

4. Se recomienda implementar esquemas de carguío por cada voladura donde indique la cantidad de explosivo por taladro y la longitud de taco asociado, debido a que un exceso de explosivo genera mayor cantidad de finos, los cuales afectan el porcentaje de fragmentación objetivo requerida para la planta Ore Sorting, como se observó en la presente tesis. Así mismo este esquema debe de contar

con el diseño de secuencia a usar para la malla de voladura que será entregado por el área de perforación y voladura.

5. Se recomienda un equipo especializado, del área de perforación y voladura, de seguimiento continuo a la fragmentación post voladura con software especializado, que corrobore los resultados de los diseños de voladura, para evitar los sobrecostos asociados a una fragmentación que no cumple con los requisitos de planta Ore Sorting, tal como se observó en el cálculo de sobrecostos de la presente tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- Ccahuana Concha, J. (2022). Control granulométrico utilizando el modelo de predicción de Kuz Ram para reducir la fragmentación y los costos oerativos en la compañía minera MINSUR U.M San Rafael-Puno. [tesis de titulación, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
- Cotrina Leyva, L. E. (2015). Predicción de fragmentación del macizo rocoso utilizando el modelo predictivo de Kuz-Ram y Chung and Katsabanis en la mina Huanzalá Cia.
 Minera Santa Luisa S.A. [tesis de titulación, Unversidad Nacional San Antúnez de Mayolo].
- Cunningham. (2005). The Kuz-Ram fragmentatión model 20 years on. *Brighton Conference Proceeding*. Modderfontein, South Africa. African Explosives Limited.
- Cunningham, Lownds, & Hjelmeberg. (23 25 de Agosto de 1983). The Kuz-Ram model for prediction and fragmentation from blasting. *First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, (pp. 439 - 454). Sweden.
- Djordjevic, N. (1999). Two-component model of blast fragmentation. *Fragblast*. Johannesburg. South African Institute of Mining and Metallurgy.

Famesa Explosivos. (2019). Famesa Explosivos. Lima: Grupo Editorial COSAS.

- Foggiatto, B., Bueno, M., Lane, G., Mclean, E., & Chandramohan, R. (2014). The economics of large scale ore sorting. *XXVII International Mineral Processing Congress IMPC* (pág. 10). Santiago, Chile: Gecamin Digital Publications.
- Greiff, K., Wotruba, H., Feil, A., Kroell, N., Chen, X., Gürsel, D., & Merz, V. (2022). 9th Sensor-Based Sorting & Control. Aachen.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Huamán Ubillus, B. A. (2010). Implementación de un nuevo sistema de iniciación electrónica en
 Perú seguridad y versatilidad. [tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería].
- INGEMMET. (2023). Sistema de Información Geológico y Catastral Minero. https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/
- International Minerals Corporation. (2010). *Technical Report and Preliminary Economic* Assessment on the Angela Vein Inmaculada.
- Lampre Carrasco, M. (2021). *Planificación minera a cielo abierto con clasificación mediante ore sorting*. [Tesis de tituliación, Universidad de Chile].
- Lopez Jimeno, C., Lopez Jimeno, E., Pernia Llera, J. M., & Ortiz de Urbina, F. (1987). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid: ETIMSA.

McKenzie, C. (1994). Estado del arte de la tronadura. Santiago.

Mining, H. (2023). *Hochschild*. https://www.hochschildmining.com/where-we-operate/currentoperations/inmaculada/

- Onederra, S. E. (2024). Estimation of fines generated by blasting applications for the mining and quarrying industries. *Mining Technology*. Australia.
- OSINERGMIN. (2017). Guía de Criterios Geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. Lima: Osinergmin.
- Perico Granados, N. R., Yaneth Galarza, E., Diaz Ochoa, M. L., Arevalo Algarra, H. M., & Perico Martinez, N. R. (2020). *Guía Práctica de Investigación en Ingeniería*. Colombia.

Split Engineering. (2016). Help Manual Split Desktop.

ANEXOS

Anexo 1. Aspectos Generales del Área de Estudio

A. Ubicación y accesibilidad

Ubicación, Se ubica políticamente en el distrito de Oyolo, provincia Paucar del Sara Sara en el departamento de Ayacucho. Cabe precisar que los componentes del proyecto se ubican específicamente en el Distrito de Oyolo, sobre terrenos superficiales de los posesionarios de los terrenos eriazos del anexo Huancute y de la Comunidad Campesina de Huallhua, cuyos predios abarcan dos distritos. De manera gráfica se puede observar en el plano No. 1. A continuación.





Fuente: INGEMMET (GEOCATMIN).

Accesibilidad, el acceso a la zona del proyecto se puede realizar por vía aérea a Cuzco (1.0 hora) y luego por carretera asfaltada de Cuzco a Abancay (195.0 km), luego de Abancay a Chalhuanca (120.0 km) al centro poblado de Iscahuaca (43 km), desde donde se accede al proyecto por una trocha carrozable de 138.0 km. También se tiene acceso a la zona del proyecto por vía terrestre desde Lima por la carretera Panamericana Sur hasta Nazca (460.0 km), donde se toma un desvío hacia el Este (por un ramal que conduce al Cuzco) por una carretera asfaltada hasta el poblado de Puquio (155.0 km), luego se continúa por una vía asfaltada hasta el poblado de Iscahuaca (142.0 km), desde donde se toma un desvío por trocha carrozable hacia el proyecto minero Inmaculada 138.0 km). En la tabla No. 78. Se muestra el acceso detallado desde Lima hacia la Unidad Minera Inmaculada.

De	А	Tipo de vía	Tiempo (h)	Distancia(km)
Lima	Nazca	Asfaltada	6	460
Nazca	Puquio	Asfaltada	4	155
Puquio	Iscahuaca	Asfaltada	3	142
Iscahuaca	Inmaculada	Trocha carrozable	4.45	142.1

Tabla 78Tabla de acceso a la zona a la U.M. Inmaculada

Fuente: Elaboración Propia

B. Clima

El clima es frígido o de puna, se caracteriza por tener días fríos y noches muy frías. La temperatura media anual es superior a 0 °C e inferior a 7 °C. La máxima, entre septiembre y abril, es superior a 15 °C, llegando hasta 22 °C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre – 9 °C y – 25 °C. Hay fuerte oscilación térmica entre el sol y la sombra, entre el día y la noche. Las lluvias y la nieve caen en verano, comenzando desde octubre; hay una

época muy seca, de mayo a septiembre. La precipitación fluctúa entre 200 – 400 y 1000 mm al año.

C. Organigrama de operaciones

El grupo Hochschild Mining, centra sus operaciones en la extracción subterránea de yacimientos de Ag y Au de alta ley desde hace 50 años. En la actualidad opera 3 minas, dos de ellas ubicadas en Perú (Inmaculada y Pallancata) y una en Argentina (San José), todas con el principal método de explotación de corte y relleno. Como producto final se obtiene concentrado o barras doré de aleación Ag/Au. El gráfico 71. Muestra el organigrama de operaciones en la que se basan todas sus unidades.



Gráfico 71. Organigrama de operaciones de Hochschild Mining 2021.

Fuente: Organigrama de operaciones de Hochschild Mining, <u>http://www.hochschildmining.com/en/home</u>

D. Políticas de gestión

Atributos Culturales

Para Hochschild Mining, los atributos culturales corporativos son aquellos valores irrenunciables y que guían sus acciones y comportamientos, entre ellos presenta:

- Nuestro personal es nuestro mayor patrimonio y lo desarrollamos, inspiramos y protegemos.
- Somos intransigentes en nuestra determinación de lograr excelencia en todo lo que producimos de manera de mejorar la calidad de vida de todos.
- Nuestra reputación es fundamental para ser exitosos: La honestidad, profesionalismo, conducta ética, e integridad son los pilares de nuestra reputación.
- Estamos comprometidos a involucrarnos, tanto como individuos y como empresa
 para mejorar las comunidades donde vivimos y trabajamos: Proporcionamos a nuestros
 empleados igual oportunidad, basados en sus logros, sin importar raza, sexo, credo o
 nacionalidad de origen.



Fuente: atributos culturales de Hochschild Mining, http://www.hochschildmining.com/en/home

E. Política de Seguridad y Salud en el Trabajo

Hochschild Mining, consciente de su responsabilidad social corporativa, trabaja para alcanzar los más altos estándares de desempeño en la Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, en todas sus unidades mineras, proyectos de exploración, depósitos de concentrado y oficinas administrativas, para lo cual asume los compromisos que a continuación se detallan (Hochschild, 2020):

- Generar un ambiente de trabajo seguro y saludable, mediante la implementación del Sistema de Riesgos Hochschild, el cual es compatible con los otros Sistemas de Gestión de la Corporación y cuya finalidad es eliminar peligros y reducir riesgos que pudieran afectar la Seguridad y Salud de nuestros trabajadores.
- Cumplir con la legislación u otras disposiciones aplicables de cada país donde Hochschild opera y, de la misma forma, con las exigencias que la corporación establece referidas a la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Garantizar la participación de nuestros trabajadores en la gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo a través de sus representantes en cada uno de los actos que intervengan.
- Promueve la mejora continua en toda actividad que realice la corporación a través de su sistema de gestión, incorporando las mejores prácticas mundiales y los avances tecnológicos, de acuerdo a la viabilidad técnica y económica de la Corporación.
- Diseñar y ejecutar programas de capacitación y comunicación en Seguridad y Salud en el trabajo, a fin de sensibilizar, concientizar y consolidar la Cultura de seguridad en todos los trabajadores.

177

F. Política de Responsabilidad Social Corporativa.

Hochschild Mining, ha asumido voluntariamente la responsabilidad social como un valor central de la cultura de la compañía y compromiso con la sociedad. En los más de cincuenta años de existencia, la práctica de sus valores, el respeto a sus grupos de interés y sus certificaciones internacionales demuestran el compromiso con una estrategia de negocio integral basada en los siguientes principios (Hochschild, 2020):

- Respeto por los Derechos Humanos (DDHH): Respetamos y apoyamos permanentemente la protección de los DDHH mediante el cumplimiento de la Declaración Universal de los Derechos Humanos y las legislaciones aplicables sobre la materia en los países donde operamos.
- Condiciones de Seguridad, Salud y Desarrollo para los Colaboradores: Generamos las condiciones necesarias para un ambiente de trabajo seguro y saludable. A su vez, invertimos en nuestro capital humano a través de su capacitación y desarrollo profesional. Aseguramos la comunicación clara de los 13 valores de la Corporación, generando un buen clima laboral y promoviendo el diálogo abierto con nuestros colaboradores.
- Cuidado del Medio Ambiente: Tenemos el compromiso de conducir nuestros negocios de manera ambientalmente responsable, trabajando para alcanzar los más altos estándares de desempeño de gestión ambiental.
- Buen Gobierno Corporativo: Brindamos todo el respaldo a la ejecución del buen Gobierno Corporativo, siempre teniendo en cuenta los intereses de los accionistas y demás partes interesadas, a través de códigos y políticas designadas específicamente para garantizar la adecuada implementación y supervisión de una gestión empresarial

responsable, así como para maximizar el valor y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la inversión de los accionistas.

- Participación y Desarrollo de las Comunidades: Tenemos una visión de mediano y largo plazo en nuestra relación con las comunidades aledañas a nuestras operaciones, fomentando una cultura de mutuo respeto y sana convivencia, manteniendo un diálogo abierto y oportuno. Contribuimos con la generación de oportunidades para las personas de las comunidades, tomando en cuenta su estrategia familiar.
- Relación con Aliados Estratégicos: Garantizamos una relación profesional y ética con las autoridades de los países en donde operamos, con los proveedores quienes adoptan nuestro Código de Conducta y con nuestros clientes.

G. Política Corporativa de Medio Ambiente

Hochschild Mining asume el compromiso de conducir sus negocios de manera ambientalmente responsable, trabajando para alcanzar los más altos estándares de desempeño en su gestión ambiental. para cumplir con este compromiso presentado en la "Política de Responsabilidad Social Corporativa", los colaboradores y contratistas de, Hochschild Mining, deberán (Hochschild, 2020):

- Cumplir con las leyes y normas ambientales vigentes, así como con los requerimientos ambientales de la compañía.
- Fijar meta anual de desempeño ambiental para todos los colaboradores de la compañía.
- Exigir el uso eficiente de recursos, buscando ahorros mediante la implementación de mejores prácticas mineras e industriales, tecnologías modernas y procedimientos sólidos de manejo y control ambiental.

- Requerir a todos los colaboradores de la compañía tener una cultura de cuidado al medio ambiente.
- Proveer recursos y capacitaciones necesarias a los colaboradores de la compañía para tomar decisiones ambientalmente adecuadas.
- Promover el pensamiento innovador en el desarrollo y ejecución de nuevos conceptos y diseños relacionados con el manejo adecuado del medio ambiente.
- Solicitar auditorías integrales a las actividades de la compañía para asegurar el cumplimiento de las leyes y normas ambientales vigentes.
- Proveer información ambiental de forma oportuna a los grupos de interés de la compañía.
- Exigir que todos aquellos que realicen actividades para Hochschild Mining acaten la presente Política Corporativa de Medio Ambiente.

H. Geología del yacimiento

Geología Regional

En la zona de la Unidad Minera Inmaculada predomina las rocas volcánicas del Cretácico y Terciario y en menos medida se encuentra rocas sedimentarias con intrusivo del Terciario.

Los yacimientos de oro se encuentran situados dentro de la franja Cenozoica Puquio – Caylloma y están asociadas con volcánicas en formas de sistemas de vetas epitermales de cuarzo con mineralización de Ag – Au, incluyendo los depósitos de baja sulfuración de Pallancata. Orden cronológico que va desde Mesozoico a Cenozoico de las unidades litro estratigráficas. El cuadrángulo de Pacapausa tiene afloramientos de rocas sedimentarias e ígneas tipo volcánicas que abarcan edades geológicas desde el Jurásico hasta el Cuaternario, componiendo una columna estratigráfica de más de 6000 metros.

El mesozoico se conforma de rocas sedimentarias, constituido por el Grupo Yura con las formaciones Soraya, Chuquibambilla y Piste, las que subyacen bajo las formaciones Ferrobamba y Mara.

El terciaro se compone del Grupo Tacaza, sobrepuesto con marcada discordancia angular por las formaciones Alpabamba y Aniso, que a su vez están cubiertas en discordancias por la formación Saycata, finalizando con las formaciones Sencca y Pampamarca.

En el cuaternario se emplazaron las volcanitas del grupo Barroso y terminando la secuencia se tienen diversos depósitos glaciares, aluviales, etc. Esta información se muestra en la Tabla 79.

Formación Litoestratigráfica (Edad)	Descripción
Formación Soraya (Mesozoico – Jurásico)	Capas de areniscas, granulometría fina a media, color
	verde pálido y blanquecino.
Formación Mara (Mesozoico – Cretáceo	Formado por sedimentos de limonitas,
Inferior)	areniscas y conglomerados rojizos con
	clastos de cuarcita, caliza de color plomizo
	y areniscas
Grupo Tacaza (Cenozoico – Oligoceno	Formado por una secuencia continua de coladas de lava
Medio – Miloceno Inferior)	y debris flow adesíticos, tobas de lapilli.

Fabla 79	Geología	regional	V	formaciones

 Formación Quellopata (Cenozoico –
 Serie volcánica superior, presenta litología alterna de

 Miloceno)
 coladas de lava y brecha-debris flow de composición

 andesítica de color verde violáceo.

Fuente: INGEMMET

Geología local

Para la Unidad Operativa Inmaculada, en la zona en cuestión se han distinguido dos series volcánicas. La primera de ellas se compone de alternaciones de lavas andesíticas y debris flow, y sobre ellas se encuentran tobas líticas andesíticas y tobas de lapilli aflorando desde la zona de Anta-Patari (3100-3500 msnm) hasta la zona de Minascucho (3900-4100 msnm), las que son pertenecientes al grupo Tacaza debido a su composición principalmente andesítica.

La segunda serie volcánica comprende los afloramientos de Quellopata (4300-4800 msnm) constituidos por lavas con grano medio y lavas porfiríticas y debris flow verde violáceo.

Basamiento mesozoico

✓ Formación Soraya (Ki-so)

Compuesta por alternancias entre capas de areniscas granulométricamente finas de color verde pálido, blanquecino y lentes delgados de areniscas calcáreas y margas.

✓ Formación Mara (Ki-ma)

Constituida de areniscas, sedimentos de limolitas, conglomerados rojizos con clastos de cuarcitas, calizas plomizas y areniscas.

Basamiento cenozoico

✓ Grupo Tacaza (Tm-ta)

Constituida por una sucesión continúa de coladas de lava y debris flow andesítico, tobas lapilli como tobas líticas.

Unidad Brecha - Debris Flow y Lava Andesítica: Extensos afloramientos en la zona de Patari, alternaciones de lavas verde oscuras con cristales de plagioclasas, hornblendas finas, y debris flow.

Unidad Tobas Líticas y Tobas de Lapilli Andesitas: Conformado mayormente por tobas lapilli, tobas líticas estratificadas en bancos masivos y delgados, a veces laminados.

En el plano No. 2. Se observa presencia de líticos angulosos de volcánicos andesíticos colores verdes violáceos, texturas finas a porfiríticas y también líticos de volcánicos riolíticos con color crema envinílica y sedimentos volcano-clásticos color verde.

Formación Quellopata (Mi-que)

Litología conformada por alternaciones de coladas de lava y brecha-debris flow de composición andesítica de color verde violáceo. El estrato volcán de Huarmopata está compuesto de clastos de volcánicos andesíticos y matriz volcánica (tobas líticas, cenizas y roca triturada y en gran parte con autobrechamiento), intercalados con horizontes de coladas de lavas andesíticas de granulometría porfirítica y fina.

Stock Subvolcánicos, Domos y Diques: Afloran diques andesíticos y andesíticos-riolíticos que intruyen al basamento Mesozoico.

Diques de Andesitas: Estos diques intruyen a los sedimentos de basamento Jurásico, se distinguen dos familias de diques: la primera compuesta por andesitas de matriz fina color verdoso y matriz cristalina con plagioclasas equigranulares, la segunda comprende andesitas de matriz alterada por argilización.



Plano 2. Geología Regional 100k.

Fuente: INGEMMET.

• Estratigrafía

A continuación, el gráfico 73. Muestra la columna estratigráfica del área de estudio.

	_				Columna Estratigral	fica				
Eratema	Sistema	Sorie	Formació	Unidad		DESCRIPCIÓN				
				Stock		Son de composición andesitica que intruyen en el basamiento Mesozoico				
		008	Tacaza Quellopata	Dique	E COM	inmuyen a los sedimentos juráscos son andesitas.				
		Miac		Subvolc ánice	2.74	intruye a la serie volcânica Inferior (Grupo Tacaza)				
00	0			Demo		Domos de Riolita-Riodacita entre las áreas de Minascucho, Quellopata				
Cenozoit	Terciari			Tacaza	Lavs Andesiti ca		Horizontes de debris flow, alternadas con horizontes de lavas de color verde oscuras			
Ĭ		2						Debris Flow	3.5.0.5.0	fines con cristales de plagioclasas y homblendas fines
		Oligoca			Tobas Liticas y Lapilii		Compuestas por tobas tapili soldados y tobas liticais estratificadas en tiencos mesivos y delgados.			
				Arenisc a y Congio merado		Arenisca conglomerádica de granulometría gruesa estratificados en bancos masivos				
co	Crotholoo	Interior	Marn	Unidad Inferior		Limonifas, arenistas y congromisrados rojezos con clastos de cuercitas calizas de color plomizo y areniscas.				
Mesozo	Jurásico	Superior	Soraya	Unidad Inferior		Conglomerados de textura de instriz soportada, estratificados en boncos gruesce. Capas de areniacas de granufometría fina a media de color verte pálida y biavanecino				

Gráfico 73. Columna estratigráfica

Fuente: INGEMMET

Geología Estructural

Las estructuras objetivo de la veta Ángela se alojan en volcánicos de la era Terciaria y están asociadas con varios episodios de mineralización. Las potencias promedio de la veta están dentro del rango de 0,8 - 4,0 m de ancho y la mayoría de sistemas de la veta tienden a ser ricos en plata, aunque sí ocurren variaciones locales con zonas de ratios menores de Ag: Au.

Las estructuras geológicas como las fallas mayores presentan direcciones predominantemente dispuestas hacia N40-50°E y N40- 50°W, con buzamientos subverticales y de extensión regional.

Como se observa en el plano No. 3. El primer sistema de fallas mayores es el que conforma la presencia de las vetas en la Unidad Minera Inmaculada, vetas como como: Ángela, Lourdes, Teresa, Organa, Rebeca entre otros, comparten la misma tendencia que el primer sistema de fallas mencionado.



Plano 3. Geología Estructural de la U.M Inmaculada

Fuente: Hochschild Mining.

Geología Económica

El yacimiento de la Unidad Operativa Inmaculada es del tipo epitermal con alta y baja sulfuración y está asociado a metales oro y plata. En las zonas más elevadas (alturas entre 4 650 - 4 600 m.s.n.m.) la veta Ángela tiene leyes inferiores a 1 g Au/t, y Ag no mayores a 30 g/t. A cotas intermedias y profundas (entre 4 500 y 4 200 m.s.n.m.), la mineralización de la veta Ángela consiste en Au + Ag, con proporciones Au/Ag de 1/10 a 1/40, existiendo incluso relaciones de 1/160 hacia el NE. También presenta una zona de brecha hidrotermal "stockwork", con mineralización esfalerita en sus variedades marmatita y blenda, también se presentan de manera muy reducida los sulfuros galena y chalcopirita, con diseminación de pirita cúbica y también pirargirita de intensidad débil a trazas. (Mining, 2023)

I. Reservas y recursos

Las reservas y recursos al finalizar 2020 fueron detallados en la tabla No. 10.

Categoría	TM	Ag (g/t)	Au(g/t)	Ag(moz)	Au(koz)	Ag Eq (Moz)
Probada	2,490,623	154	3.7	12.3	297.7	37.9
Probable	5,267,732	98	2.4	16.6	401.7	51.2
Reservas Totales	7,758,354	116	2.8	28.9	699.3	89.1
Medido	2,406,000	193	4.75	15.0	367.7	46.6
Indicado	5,253,000	127	3.17	21.4	535.8	67.5
Total, Medido e Indicado	7,659,000	148	3.67	36.3	903.4	114.0
Inferidos	9,921,000	104	2.66	33.3	849,1	106.3

Tabla 80Reservas y recursos en la Unidad Operativa Inmaculada

Fuente: (Hochschild Mining PLC, 2022)

Los recursos mineros de la Unidad Inmaculada se encuentran dispuestos de acuerdo al plano No. 4, donde se diferencia las recursos medidos, indicados e inferidos.



Plano 4. Recursos Mineros U.M Inmaculada

Fuente: Technical Report and Preliminary Economic Assessment On The Angela Vein Inmaculada Property Ayacucho. International minerals corporation by p&e mining consultants inc.

J. Características Geomecánicas de la zona de estudio

En la Unidad Operativa Inmaculada la calidad de la roca es generalmente regular (III B) a mala (IVA), entonces el RMR oscila entre las puntuaciones de 30 a 40 y 40 a 50, en los niveles de la zona alta (Nv.4500 – 4620), la roca tiene buena (IIIA) con puntuaciones RMR entre 50 y 60, por lo que en esta zona la longitud de excavación para taladros largos es de 15 metros.

• Método De Explotación

En la Unidad Operativa Inmaculada se ejecuta el minado por corte y relleno ascendente ("Over cut and fill") y Sub Level Stoping (SLS), en sus variables mecanizada, semimecanizada y convencional. Los tajeos explotados se fortifican con relleno en pasta mediante la mezcla de relave y cemento para su elaboración, lo que contribuye a desacelerar el llenado del depósito de relaves y permitiendo el incremento de su vida útil.

La ejecución de taladros largos en la Unidad Operativa Inmaculada tiene dos variantes: taladros largos longitudinales y transversales, la primera de ellas se realiza en potencias entre los 2 a 10 metros y la dirección de los subniveles es paralela al rumbo de la veta, además requiere de la apertura de un bypass para conectar la ventana y el subnivel, mientras que la realización de taladros largos transversales se realiza en potencias mayores a 10 metros y la dirección de los subniveles es perpendicular al rumbo de la veta.



Gráfico 74. Taladros largos longitudinales

Fuente: Área de Planeamiento U.M. Inmaculada



Fuente: Área de Planeamiento U.M. Inmaculada

• Desarrollo y preparación del método de explotación



Gráfico 76. Labores de desarrollo y preparación

Fuente: Área de Planeamiento U.M. Inmaculada

Labores de desarrollo

a) Rampas

Las rampas están estratégicamente ubicadas a lo largo de la Veta Angela de manera que conectan los niveles 4300, 4400 y 4500, tienen sección 4.5 m x 4.0 m y gradiente de 12% lo cual permite el paso de volquetes de 30 TM de capacidad que transportan el material hacia las canchas de mineral y desmonte.

b) Galerías

Son desarrolladas sobre la veta y no se tiene la certeza que su explotación sea económicamente rentable, generalmente son desarrolladas con fines exploratorios para el incremento de reservas probadas.

Labores de preparación

a) By Pass

Tienen orientación paralela a los cuerpos mineralizados y su objetivo es crear una vía de evacuación del mineral. Tienen una pendiente de 0.5% y con dimensiones 4.5 m x 4.0 m. Para crear una conexión entre los niveles de explotación y los By Pass se han ejecutado cruceros con dimensiones 3.5 m x 3.5 m para el acceso de los equipos de carguío.

b) Subniveles

Labores de 4.5 m x 4.0 m de dimensión diseñadas sobre las vetas con el objetivo de facilitar la extracción masiva del mineral, porque a partir de ellos se establecen las condiciones para la explotación a través de taladros largos.

K. Ciclo de minado

• Perforación

Perforación de taladros largos Realizada con equipos de perforación vertical que tengan el rendimiento necesario para cumplir los planes de producción. Se cuenta con equipos de perforación Simba con barras de 5 pies de longitud y sistema automático de cambio de barras.

El rendimiento de toda voladura está asociado paralelismo en la perforación. La perforación vertical se apoyará en el método casing, permitiendo un mayor flujo de detritus garantizando una mayor velocidad en la perforación, evitando atascamiento de la barra y la obtención de taladros más limpios, esta última ventaja permite un carguío de explosivos más rápido y sencillo.

Carguío y voladura

El carguío de explosivos tanto en frentes como en taladros largos se realiza de forma manual. Para el caso de frentes dadas las dimensiones de las labores, el personal debe apoyarse en escaleras telescópicas y así facilitar la operación, y en el caso de taladros largos, se da el uso de retacado inferior utilizando bolsas de rafia como sustento para el explosivo, además se realiza en dos fases: una para la creación de la cara libre o denominado también slot y una segunda fase para el carguío de los taladros de producción, en la cual el personal a cargo debe obligatoriamente contar con un Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR), utilizar arnés y línea de vida. En cualquier caso, para el carguío es obligatorio que la labor sea sostenida con shotcrete, pernos y en los casos que lo requiera, malla en el techo de la labor.

• Sostenimiento

La fortificación de labores mineras en la Unidad Minera Inmaculada varía en función de la calidad de la roca, que oscila entre regular (IIIA y IIIB) y mala (IVA).

Los mecanismos de sostenimiento según el tipo de roca se detallan en la tabla 81.

	TIPO	IND/DE "BS/"	INDICE RMR	SOSTENIMENTO
۵.	N.	LE/B, LE/R, LE/P, F/B, MF/B	81 - 80	PERNO SISTEMÁTICO 1,5 x 1,5 m, Y MALLA (Perno Hydrabolt: Long. 7 pics)
B	III A	LF/P. F/R. MF/B	51-80	PERNO SISTEMÁTICO 1.2 ± 1.2 m Y MALLA (Parno Hydrabolt: Long. 7 pies)
C	III B	F/P: MF/R	#1 - 5 0	SOTORETE(e=2") + PERNOS SIST (Serzión Completa: Hyd. 7 pies: 1.5 x 1.5 m.)
0	IV A	F/P, F/MP, MF/R, MF/P IF/R	31 - 40	SOTCRETE(e=2") + PERNOS SIST. (Secolon Complete: Hyd. / pies: 1 2 x 1.2 m.)
1	IV B	FIMP, MF/P, MF/MP, IF/R, IF/P	21 - 30	SOTCRETE(e=3") + CIMBRAS A 1,5 m (Shot, of 25 kg/m3i
F	V	MEMP, IEP, IF, MF	< 20	BOTCRETE(c=3") + CIMBRAS A 1.0 m (Shot. c/f 25 rg/in3) (avatizar ton marchavarries)

 Tabla 81
 Sostenimiento según la clasificación del macizo rocoso

Fuente: Área de Geomecánica U.M. Inmaculada

• Ventilación

Las chimeneas de ventilación principal a superficie se ubican cerca a cada rampa y sirven de extractores. Las chimeneas de servicios se ubican en cada rampa en la parte central, y sirven para el ingreso de servicios como agua, aire, energía y ventilación.

En la etapa de explotación, el aire limpio será tomado de las rampas de acceso a la veta y el aire viciado será evacuado por las chimeneas de ventilación ubicadas en los extremos de los cuerpos mineralizados.

L. Plan de producción

La unidad minera Inmaculada, cuenta con 3 rampas principales de acceso que le permiten generar una producción promedio de 3500 tn/día, con leyes promedio de 3.81 g/tn de Au y 156 g/tn de Ag. De acuerdo a la siguiente tabla 82. de estadísticas clave de la mina se observa la producción de mineral desde el año 2018 hasta el 2022.

Linepoint galaxie	1000	2988	2000	in the	30%
Proclusción de mineral (lianolactes)	1,329,177	1,349,892	948(937	1.508,569	1,323,525
Les media de plata (p/)	156	174	154	1631	150
Ley madia de oro (g/l	3.81	435	4:33	471	4.36
Plata producida dest)	5,030	6,296	4.064	5,767	5,600
Dro producido (koz)	154,85	169.70	129:17	189.18	175.2
Plata equivaiente proclasida (vaz)	10,768	.20.499	16 140	21,070	10,551
Pleta vendida (koż)	5,918	6.216	4.020	E,732	5,878
Orocker stano (koz)	154,89	(05.00	1294./	100.69	1724
Recorsos (ahib, Moz Ág Eg)	214.8	229.2	220.2	223.8	2127
Capacidad (India	3,500	3,500	3.500	3,500	3,500

Tabla 82Estadísticas clave de la U.M Inmaculada

Fuente: https://www.hochschildmining.com

M. Planta de tratamiento de mineral

La planta de procesos de Inmaculada tiene una capacidad de tratamiento de 1 260 000 toneladas de mineral/año. El proceso comprende la trituración y molienda del mineral ROM, tanques de agitación lixiviación y cianuración, un circuito Merrill Crowe y fundición del precipitado para producir barras de doré que luego son enviados a una refinería para su posterior procesamiento.

Los criterios de trabajo clave de la planta de tratamiento son las siguientes:

- Una producción media de 3500 tn / día.
- Diseño disponibilidad de 91,3 %, siendo 7998 horas de funcionamiento al año con el equipo de reserva en las áreas críticas.
- Suficiente flexibilidad en el diseño de plantas para el tratamiento de todos los tipos de mineral a base de trabajo de pruebas se efectuará directamente en el rendimiento del diseño.
- Ley de cabeza, la planta está diseñada para tratar varias toneladas de mineral con una velocidad de avance máxima de 160 t / h de alimentación y leyes de 3,4 g/tn de oro y 120 g/t de Ag.

Flujo de operaciones principales del proceso:

- Trituración primaria directa que alimenta el circuito de molienda a través de una pila de almacenamiento.
- Molino SAG de molienda.
- Molino de bolas de molienda.
- La lixiviación; El lavado de solución de decantación en contracorriente.
- Aclaración solución rica y recuperación de metales preciosos por precipitación con polvo de zinc.
- Refinería incorporando instalaciones de retorta de mercurio y de fundición.
- Relaves desintoxicación, engrosamiento y eliminación.
- Filtración de relaves espesados y pasta de relleno.
- Recuperación del suministro de agua, y preparación y distribución de reactivos.

Anexo 2. Matriz de Consistencia

			MATRIZ DE CONSISTENCIA	_	
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	handstand	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERALES	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE	INUICADORES	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿Cuáles son los diseños de voladuras de producción en taladros largos que permitan obtener los resultados de fragmentación para la implementación de la planta Ore Sorting?	Fvaluar nuevos diseños de voladuras de	Evaluando la caracterización geomecánica de	DISEÑO DE SECUENCIA	TIPO DE INICIADOR (detonador 500ms, detonador dual, detonador electrónico) RETARDO ENTRE TALADROS (ms) RETARDO ENTRE FILAS (ms)	El nivel de investigación será explicativo - aplicativo, ya que
	evaluar nuevos usenos de voladuras de producción en taladros largos, cuyos resultados de fragmentación permitan la implementación de la planta de Ore Sorting.	la roca y la influencia de los parámetros actuales, se rediseña las voladuras de producción para cumplir los requisitos de fragmentación de la planta de Ore Sorting.	CALIDAD DE ROCA	TIPO DE ROCA (IIIB, IVA) NÚMERO DE FRACTURAS (nro/m)	hallaremos la correlación de las variables independientes con la variable dependiente, y posteriormente aplicaremos los nuevo diseños de voladura para obtener los objetivos granulométrico de la presente investigación.
			SOBRECOSTO	COSTO DE TRANSPORTE (\$/Tn) COSTO DE CARGUÍO (\$/Tn)	
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICA	DEPENDIENTE	INDICADORES	TIPO DE INVESTIGACIÓN
¿A qué se debe el deficiente diseño de voladura que está generando resultados de fragmentación defectuosos para la planta de Ore Sorting?	Evaluar el deficiente diseño de la voladura que está generando resultados de fragmentación defectuosos para la planta de Ore Sorting.	Rediseñando los parámetros de voladura, se mejora los resultados de fragmentación post voladura de acuerdo a los requerimientos de la planta de Ore Sorting.			El tipo de investigación de la presente tesis según los datos empleados es del tipo cuantitativa, ya que las variables son aspectos medibles en cantidades, cifras o datos, las cuales se usarán para encontrar las relaciones entre las variables dependientes y las independientes.
¿Cómo influye la caracterización geomecánica del macizo rocoso en los resultados granulométricos post voladura?	Determinar la influencia de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en los resultados de fragmentación post voladura.	Evaluando el nivel de influencia de la caracterización geomecánica del macizo rocoso, se mejora los diseños de voladura para obtener los resultados de fragmentación post voladura.	RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN REQUERIDOS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA PLANTA DE ORE SORTING		POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cómo influye los parámetros de diseño de voladura en los resultados de fragmentación post voladura?	Determinar la influencia de los parámetros de diseño de voladura en los resultados de fragmentación post voladura.	Evaluando el nivel de influencia que tienen los parámetros del diseño de la voladura, se mejora los diseños de voladura para obtener resultados apropiados de fragmentación post voladura		P80 PASANTE DE 5" PASANTE DE 3/4" % ENTRE 5" Y 3/4"	La población del presente estudio lo conforman las voladuras realizadas en taladros largos de la Unidad Minera Inmaculada, con una población de N: 60 voladuras realizadas por mes.
¿Cuáles son los sobre costos que generan las deficientes voladuras que no llegan a cumplir con los requerimientos de fragmentación de la planta de Ore Sorting?	Identificar los sobrecostos que generan las deficientes voladuras que no llegan a cumplir con los requerimientos de fragmentación de la planta de Ore Sorting.	Con el rediseño de la voladura se reduce los sobrecostos que se producen por efecto del reproceso del material grueso a través de la chancadora primaria a fin de poder cumplir con los resultados de fragmentación de la planta de Ore Sorting.			El tamaño de la muestra del presente trabajo de investigación está relacionada al número de voladuras, 9 voladuras en taladros largos, evaluadas como voladuras de pruebas para la medición de fragmentación.

REF	PORTE	DE VOLAD	URA EN	BREAS	TING	- ANALIS	IS DE	FRAGMENTACION
FECHA NIVEL LABOR SECCION (m.) ZONA TURNO TIPO DE ROCA RMR DATOS DE CAMPO Densidad N° de fracturas /metro Ancho de cara libre Longitud de taladro Ø taladro de produccion Ø taladro de produccion Ø taladros de alivio N° de Taladros de alivio N° de Taladros de alivio N° de Taladros de alivio N° de Taladros de alivio	30/09 4: 7,1; 8 AR 8 AR 1 C 1 31 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0	Size Size 330 8202 4.6 BARA DIA VA I-40			*	12		
Longitud de carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVO PERFORACIÓ		2.8 JMBO		CARTU E 3000 1.1	JCHOS	POR TALA	DRO /4"x12"	ACCESORIOS
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion			3 3 20	und/tal	1 0	und/tal 9	1 180	LP 1,2,3,4,5,5,6,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10,11,11
Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERF	FORADOS		3 3 6 38	2 2 1 Total cart	6 6 6 18	7 7 8 Total cart:	21 21 48 270	LP 12,14,16 LP 8,12,12 LP 13,13,14,14,15,15
KILOGRAMOS DE E RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance	EXPLOSIV Unidad m ³ T m Kg/m	O Cantidad 76.18 190.44 3.60 20.08	72.29	4.79	Kg Se	67.50 An e Distributio	Kg álisis de	le Fragmentación
Factor de Carga Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACION	Kg/m ³ Kg/T Pulgadas % %	0.95 0.38 6.44 95 22.23	Precent Passing			ed	1	Combine Dombine 4. Passing Size(in) 710 0.17 720 0.42 730 1.37 740 3.11 760 3.12 770 5.22 710 5.22 710 5.22 710 5.22 710 5.22 710 5.22 710 5.22 710 5.23 710 5.23 710 5.23 710 5.23 710 5.23 710 5.24 710 5.25 710 5.25 710 5.25 710 5.26 700 5.27 700 5.28 700 5.21 700 5.25 700 5.26 700 5.21 700 5.21 700 5.21 700

Anexo 3. Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 30-05-2021

REPO	RTE DE	PERFOR	RACÍON		ADUR	A, CON A	NALIS	SIS DE FRAGME	NTACION	
FECHA	31/0	5/2021								
NIVEL	4330								and the second sec	
LABOR	TJ8202			1					Contraction of the local division of the loc	
SECCION (m.)	5	4.6				1.000	11	Destaurant of	and the second se	
ZONA	BARBARA					10.00	7	A DATE OF THE OWNER	100	
TURNO	[AIC			1.45	100	and an	ALC: NO.	Sec. No. 1	
TIPO DE ROCA IVA				1.00		100	1	the start of		
RMR	3′	1-40		100	1	1000	12.3	1944 - SPE		
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad			Ê M	14 67		WAR	A State	
Densidad	T/m ³	2.5				100	1000	4 1 3	5-19 (Sec. 1)	
Nº de fracturas /metro	f/m	15				ALC: N	25	10 P 10 P 10 P	A DEPEND	
Ancho de cara libre	m	2		1.1		1 2 3 4	101	1000	+ 1917 A	
Longitud de Barra	Pies	14		1.000	2.45	all the last	A.	State of the second	Land Contract	
_ongitud de taladro	m	3.8			COL ST		342		ALC: N	
o taladro de producción	mm	45			And in the second	Sec. 1	and the	State State	20 A 16	
	mm	45			of the local	Sec. 1	22	and the second		
N UE LAIADIOS CAIGADOS	Und	36		1	Sec.	100-001	No.	- See	and the second s	
	Und	4		10	1.00	100	-		100 100	
Nº de Taladros de Rimado	Und	3								
Longitud de carga	m	3.5	L					-		
DISTRIBUCION DE EXPLOSIVOS				0.266			0.25			_
PERFORACION CON JUMBO				CARTU	JCHOS	PORTALA	DRO	AC	CESORIOS	
DESCRIPCION				E 3000 1.1	/4"x12"	E1000 1.1	/4"x12"			
			Nº I a	und/tal	total/ta	und/tal	total/ta	Retard		Cant.
Taladro de Recorte (Corona)			4							
Taladro de Alivio (Rimados)			3							
Taladro de Produccion			22	0	0	9	198	P 1,2,2,3,3,3,4,4,5,5,	5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,12,	1: 22
Taladro de caja piso			3	2	6	7	21	LP	11,9,7 3	
Taladro de caja techo			3	2	6	7	21	LP 16.13.14 3		
Taladro de corona			8	1	8	8	64	LP 11 11 13	14 14 15 15 16	8
TALADROS PERFORADOS			43	Total cart	20	Total cart	304	Er 11,11,10	,14,14,10,10,10	Ŭ
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO			81.32	5.32	Kg	76.00	Kg			36
	Unidad	Contidad								
KESULTADOS.	Jilluau									
Volumen roto	m°	82.80								
onelaje roto T 207.00					3		- Toto E' G			
Avance/disparo m 3.60			180.	Entrol	· Januar	Coarties!				
Factor de Avance	Kg/m	22.59		_	- Gro	1.4.1		1	4 returns	wast feet
Factor de Carga	Kg/m ³	0.98		10			_	1 from the second	10	11
Factor de Potencia	Kg/T	0.39	2	C 1				20	72)	3.21
P80	Pulgadas	6.47	10	-				() · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	201	i de
% Pasante en 5" (127mm)	%	70	1				1		10	3-13
% Pasante en 3/4" (19mm)	%	24.32	24	1				THE PARTY OF THE P	24)	1.0
			3	4		_	-		751	7.85
OBSERVACION	NES:		No.	-				and a second second	111	100
			11	2				1	10	1.5
				-					F1)	3.10
									221	1.0
			1.00	4 +	+++++			1111 1 1 1 1 1 1 1 1	200	4.17
				2.5			1.	10.0	191	8.25
						Size	:9n]		Toppine (Bridda)	13.12

Anexo 4. Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 31-05-21
REPO	ORTE DE	E PERFOR	ACÍON		ADUR	A, CON A	NALIS	SIS DE FRAGMEI	NTACION	
FECHA	31/0	05/2021					11	0		
NIVEL	4	1345				44				
LABOR	T	J5100								
SECCION (m.)	4.3	4				100	100	4		
ZONA	М	ILLET				1 . The			1 No.	
TURNO		DIA				1 Carl	1.54			
TIPO DE ROCA		IIIB				10000	4.4	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1		
RMR	4	1-50			1		1			
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad				1.14	R.	and the second	1 H	
Densided	T/m ³	2.5				10.0	195719			
	1/11	2.5				ALC: N	1.5	2 Mar 1 a	1000	
Ancho do coro libro	1/m	9			1.1		2.22	- ALD 1-21 - 2	No. No.	
Ancho de cara libre	Dioc	- 14			1.1	(A	888	REMEDIA -		
	ries ~	14					2.10			
	m 	3.8 15					20.10	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	The work in	
Ø teledro de elivio	mm	45				1.39	2	1.12.12.10.10	10 A 10 A	
	mm	40				100			-	
	Und	30			100				1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -	
	Und						100	ALC: NOT THE OWNER OF		
N° de Taladros de Rimado	Und	4								
Longitud de Carga	m	2.8								
DISTRIBUCION DE EXPLOSIV	/0S			0.266			0.25			
PERFORACIÓ	N CON JU	мво		CARTU	JCHOS	POR TALA	DRO	ACC	ESORIOS	
				E 3000 1.1	/4"x12"	E1000 1.1	4"x12"			
DESCRIPO	CION		N⁰ Tal	und/tal	total/ta	und/tal	total/ta I	Retardo	Fanel®	Cant.
Taladro de Recorte (Corona)			-							
Taladro de Alivio (Rimados)			4							
Taladro de Produccion			20	9	180		0	LP 1.2.2.3.3.4.4.5.5.6	6.7.7.7.8.8.9.9.10.12	20
Taladro de caja piso			3	2	6	7	21	LP8	10 14	3
Taladro de caja techo			3	2	6	7	21	LP 11	11 15	3
Taladro de corona			4	1	4	8	32	LP 11 1	2 14 14	4
			24	Total carts	106	Total carts	74	LI 11,1	2,14,14	-
		NO	70.64	52 1/	190 Ka	18 50	74 Ka			20
KIEOGKAWOS DE	LAFLOSI		70.04	J2.14	Ng	10.50	ку	J		30
RESULTADOS:	Unidad	Cantidad		_						
volumen roto	m° 	61.92	1.00			Size Distri	bution			
Tonelaje roto	T	154.80	18	0	Lake	R14.1	-			
Avance/disparo	m	3.60		_	Palo	AV.C.	1.1			
Factor de Avance	Kg/m	19.62					1-1-	1		
Factor de Carga	Kg/m ³	1.14	-	0			1	1	A TRANSPORT	Fies #1
	Kg/T	0.46	€	-			1.1	(d -)	*	1.07
Factor de Potencia		s 6.89	8 .					A second	#401	3.33
Factor de Potencia P80	Pulgada							A state of the sta	776	9.82
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm)	Pulgada: %	86.22	0						248	3:35
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm)	Pulgada: %	86.22 28.77	A Pe		_		1.17		Carlana C	100 100
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm)	Pulgadas % %	86.22 28.77	ent Pe	-		_			F80	3.45
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm)	Pulgada % %	86.22 28.77	ercent Pe	-		- 11-	H	THE STORE	750 740 710	3.43 3.35 3.39
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % % NES:	86.22 28.77	Percent Pa	-			ľ		790 790 710 890	2.43 3.25 3.29 8.39
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % % NES:	86.22 28.77	Percent Pa			-0.			710 1940 1710 1710	2.43 2.35 1.73 5.94
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % % NES:	86.22	Percent Pa	v					750 740 970 880 290 2008134 (44,808)	2.43 3.39 3.39 5.99 5.99 5.99 5.99
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % %	86.22 28.77	Percent Pa	•					750 740 770 880 750 750 750 750 750 750 750 750 750 75	2.63 3.35 1.39 5.89 5.84 1.37
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % %	86.22	Percent Pa						750 750 850 750 750 750 750 750 750 750 750 750 7	2.43 3.35 3.39 5.89 5.84 3.39
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % %	86.22 28.77	Percent Pa	e e ao				45.4 19	FIG FIG FIG FIG FIG FIG FIG FIG FIG FIG	3.43 3.39 3.20 3.20 5.44 5.44 3.37
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % %	86.22 28.77	Percent Pa	0		Siz	te(in]	42.4 H2	FRG FVG FVV FVV TOGROUP (FF, ND)	3.43 3.35 3.20 3.20 3.20 3.40 3.40 3.41
Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" (19mm) OBSERVACIO	Pulgada: % %	86.22 28.77	Percent Pe		+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	Siz	ee(in]	45.4 10	Dig Ben Ben Topstow (see,waa	3.43 3.35 3.37 8.88 5.84 3.37

Anexo 5. Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 31-05-21



Anexo 6. Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 02-06-21

REPORTE	DE PE	RFORAC	ION Y	VOLAD	URA, (CON ANA	ALISIS	DE FRAGM	ENTA	CION
FECHA	5/0	3/2021		and the second second		mana de p	erroraci	on y voladura		
	3/00	480						Line	100	
LABOR	LT L	6100						1 A A A	0.0	200
SECCION (m.)	3.5	4				and a	2	_ sectors.	100	Sec. 1
TURNO	0.0	DIA .	_		雷	6 8 1	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	2903	1. 1. 1	All and a second second
ZONA	R	UBI			201			1.000	C.M.	He low-
MALLA DE PERF. (m.)	1.00	1.00	1.4.1			4 4	51	and the second		and the second second
		IIIB	100		4			ALC: SHE	NP-1	一个 一切
RMR	4	1-50	p	Sec. 3	1.55		1000		Y	Contraction of the second
				P.S. C.	- tital to -	2	100	City Land	1.21	E TYPE
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad	-		40.00		100	Server State	2300	Pr Fills
Densidad	T/m ³	2.5	1	100 1				11- Harrison B.	1	1 Aller
N° de fracturas /metro	f/m	7	-		1	21 1	24			
Ancho de cara libre	m	3			1.00	- Andrews	1.00			
Longitud de Barra	Pies	14			100					
Longitud de taladro	m	3.8			-	1				
Ø taladro de produccion	mm	45			20	200	100			
Ø taladro de alivio	mm	45			1.000					
N° de Taladros cargados	Und	18				- No -				
N° de Taladros de alivio	Und	4	T							
Longitud de carga	m	3.5								
DISTRIBUCÍON DE EXPL	osivos			0.266			0.25			
PERFORACIÓ	N CON J	UMBO		CARTU	JCHOS	POR TALA	DRO	ACCESORI	DS (
				E 3000 1.1	/4"x12"	E1000 1.1	/4"x12"	Deterde		
DESCRIP	CION		Nº Tal		total/ta		total/ta	Retardo	Cant.	
				unu/tai	1	unu/tai	1	Fanel®		
Taladro de Recorte (Corona	a)									
Taladro de Alivio (Rimados))									
Taladro de Produccion			9	9	81	1	9	LP 1,1,1,2,2,2,3,3,3	9	
Taladro de caja piso			2	1	2	9	18	LP 2,3	2	
Taladro de caja techo			2	1	2	9	18	LP 7,7	2	
Taladro de corona			5	1	5	9	45	LP 9,9,9,9,7	5	
TALADROS PER	RFORAD	os	18	Total cart	90	Total cart:	90			
KILOGRAMOS DE	EXPLO	SIVO	46.44	23.94	Kg	22.50	Kg		18	
-			1			Analis	sis de fra	agmentacion	•	
RESULTADOS:	Unidad	Cantidad		7	ameño d	e Distriburió	Del .			
Volumen roto	m ³	50.40	100	-	Decks and	THE OWNER	-			
Tonelaie roto	Τ	126.00		14	010014	CHA COUN	21			
Avance/disparo	m	3.60	21 10	-			1	100500	2	TI NESS PEDA OUTE
Factor de Avance	Ka/m	12.90	TL:	2		1	-	210	0	0.18
Factor de Carga	Ka/m ³	0.92	16 m		-	1	_	THE		3.04
Factor de Potencia	Ka/T	0.37	0					740 ¥10		1.10
	Pulgadas	8.47	11			1		P10		2.58
IP80	%	71 15	8					FTC		6.4t
P80 % Pasante en 5" (127mm)		1.10	0	1				Touman 1	88,5980	16.10
P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4"	%	23 74	- D							
P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4"	%	23.74	£ 71							
P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4"	%	23.74	6 7							
P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" OBSERVACI	% ONES:	23.74	4 H		E.P	18.	18.5	IDDE		
P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 3/4" OBSERVACI	% ONES:	23.74	£ 71	53	To To	is .	18.5	1071		

Anexo 7. Reporte perforación y voladura TJ6100 NV4480 05-06-2021

Anexo 8. Reporte perforación y voladura TJ4200 NV4300 07-06-21

<u>REPORTE DE F</u>	PERFOR		/OLAE	DURA, CO	ON ANA	ALISIS DE Analisis de	E FRA	GMENTACIC entacion	<u> </u>
FECHA	7/0	6/2021		_					
NIVEL	4	4300						100	
LABOR	T.	J 4200				100		1000	
SECCION (m.)	3.8	4			100	A		- No. 19	
ZONA	-	RUBI				2 1	1	1 NO 1	
MALLA DE PERF. (m.)	1.00	1.00		10	6.4		W.		
TIPO DE ROCA		IIIB				18 M			
RMR	4	1-50		6	140		•	6	
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad		4	-0	10			
Densidad	T/m ³	2.5			1 A A	T	4	6	
Nº de fracturas /metro	f/m	7		444	around A	- 14 M	STATE.		
Ancho de cara libre	m	3				No T			
Longitud de Barra	Pies	14				No. 1			
Longitud de taladro	m	3.8				يستعير الأران			
Ø taladro de produccion	mm	45							
Ø taladro de alivio	mm	45					5	BR AN	
N° de Taladros cargados	Und	20			1.40	11			
N° de Taladros de alivio	Und	2							
Longitud de carga	m	2.8							
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIV				0.266			0.25		
PERFURALIU		MRO		CART	UCHOS F	POR TALAD	RO	ACCESORIO	os
PERFURACIUI	V CON JU	мво	-	CART E 3000 1.	UCHOS F 1/4"x12"	POR TALAD E1000 1.1	RO /4"x12"	ACCESORIO	S
DESCRIPC		MBO	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal	UCHOS F 1/4"x12" total/tal	POR TALAD E1000 1.1 und/tal	RO /4"x12" total/ta I	ACCESORIO Retardo Fanel®	OS Cant.
DESCRIPC	CON 30	мво	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal	UCHOS F 1/4"x12" total/tal	POR TALAD E1000 1.1, und/tal	RO /4"x12" total/ta I	ACCESORIO Retardo Fanel®	OS Cant.
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados)	CONJO	мво	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal	UCHOS F 1/4"x12" total/tal	POR TALAD E1000 1.1. und/tal	RO /4"x12" total/ta I	ACCESORIO Retardo Fanel®	OS Cant.
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion	CION	MBO	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70	POR TALAD E1000 1.1 und/tal	RO /4"x12" total/ta I 0	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8	OS Cant. 7
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso	CONJO	MRO	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal 10 1	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4	POR TALAD E1000 1.1, und/tal 0 8	RO /4"x12" total/ta I 0 32	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7	OS Cant. 7 4
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo	CION	MRO	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4	0 8 8	RO /4"x12" total/ta I 0 32 32	ACCESORIC Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1	DS Cant. 7 4 4
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona	CION		Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 1	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5	POR TALAD E1000 1.1. und/tal 0 8 8 8	RO /4"x12" total/ta I 0 32 32 40	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7	DS Cant. 7 4 4 5
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER	FORADOS	3 3	Nº Tal	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83	POR TALAD E1000 1.1. und/tal 0 8 8 8 Total cart:	RO (4"x12" total/ta I 0 32 32 40 104	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7	Cant. Cant. 7 4 5
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE	FORADOS	3 VO	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83 Kg	OR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 Total cart: 26.00	RO [4"x12" total/ta I 0 32 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7	DS Cant. 7 4 4 5 20
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE	FORADOS	MBO S VO Cantidad	№ Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83 Kg	OR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 Total cart: 26.00	RO [4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant. Cant. 7 4 4 5 20
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto	FOR ADOS EXPLOSI Unidad	S VO 54.72	№ Tal 7 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart: 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83 Kg A	OR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 Total cart: 26.00	RO [4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant. Cant. 7 4 4 5 20
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto	FOR ADOS EXPLOSI Unidad m ³ T	S VO 54.72 136.80	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83 Kg A adia de Da	OR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 Total cart: 26.00	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant. Cant. 7 4 4 5 20
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo	FOR ADOS EXPLOSI Unidad m ³ T m	S VO Cantidad 54.72 136.80 3.60	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 83 Kg A	OR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 7 0 8 8 7 0 1 26.00 nálisis de F	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg ragmen	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant. Cant. 7 4 4 5 20
PERFORACION DESCRIPC DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance	FOR ADOS EXPLOSI Midao m ³ T m Ka/m	S VO Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 5 83 Kg	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 7 0 8 8 7 0 1 26.00 nálisis de F	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg ragmen	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant.
PERFORACION DESCRIPC DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona Taladro de corona RESULTADOS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance Factor de Carga	FOR ADOS EXPLOSI T Kg/m Kg/m	Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36 0.88	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 5 5 83 Kg	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 7 0 8 8 7 0 1 26.00 nálisis de F	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg ragmen	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	Cant.
PERFORACION DESCRIPC DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona Taladro de corona Taladro de corona RESULTADOS Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Carga Factor de Carga Factor de Potencia	FOR ADOS EXPLOSI T Kg/m Kg/m ³	S VO Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36 0.88 0.35	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 Total cart 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 5 83 Kg Au	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 7 0 8 8 7 0 1 26.00 nálisis de F	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	DS Cant. 7 4 4 5 20
PERFORACION DESCRIPC DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona Taladro de corona Taladro de corona RESULTADOS Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance Factor de Carga Factor de Potencia P80	FOR ADOS EXPLOSI Unidac m ³ T Kg/m Kg/m Kg/T Pulnada	Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36 0.88 0.35 5.5	Nº Tal 7 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart: 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 5 83 Kg A A 4 6 6 6 6 6 6 6 6 7 0 4 4 5 7 0 4 4 5 5 83 Kg	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 8 Total cart: 26.00 nálisis de F	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	DS Cant. 7 7 4 4 5 20
PERFORACION DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona Taladro de corona Taladro de corona RESULTADOS Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Carga Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm)	FOR ADOS EXPLOSI Unidac m ³ T Kg/m Kg/m ³ Kg/T Pulgada	Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36 0.88 0.35 5.36 77.52	Nº Tal 7 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 1 Total cart: 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 4 5 5 83 Kg A A ada de De	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 1 8 8 7 0 8 8 7 0 1 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	DS Cant. 7 7 4 4 4 5 20
PERFORACION DESCRIPC DESCRIPC Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PER KILOGRAMOS DE RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance Factor de Potencia P80 % Pasante en 5" (127mm) % Pasante en 5" (127mm)	FOR ADOS EXPLOSI Unidad m ³ T M Kg/m Kg/m Kg/T Pulgada %	Cantidad 54.72 136.80 3.60 13.36 0.88 0.35 s 5.36 77.52 19.66	Nº Tal 7 4 4 5 20 48.08	CART E 3000 1. und/tal 10 1 1 Total cart: 22.08	UCHOS F 1/4"x12" total/tal 70 4 5 5 83 Kg A ada de De	POR TALAD E1000 1.1 und/tal 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 7 0 8 7 0 8 8 7 0 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 7 0 8 8 8 7 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	RO (4"x12" total/ta 1 0 32 32 32 40 104 Kg	ACCESORIO Retardo Fanel® LP 3,4,4,4,5,5,8 LP 6,6,7,7 LP 1,1,1,1 LP 4,5,6,7,7 tación	DS Cant. 7 7 4 4 5 20

ICBA UT/VA

OBSERVACIONES:

in Termeholprekgi

18.5

2.1



Anexo 9. Reporte perforación y voladura TJ5100 NV4345 11-06-2021

REFORTE		REURAL		VULAL	JUKA,	Malla de p	erforaci	ion v voladura		
FECHA	12/06	6/2021								
NIVEL	43	330								
ABOR	TJE	3202								
SECCION (m.)	95	4		100	1.1	1.00	100	100		
ZONA	And	nela		1.00		111		11		
				10				10	1211	
Valla de Perf. (m)	1 00	1.00			80	999				
	1.00	/Δ		8		100				1
	31	-40	100				1000		100	
	01	-10	11			5		9 8	1.6	
DATOS DE CAMPO	Unidad	Cantidad		1.5	? / ?	1000			_ _	
Densidad	T/m ³	2.5	12	144	· Sec.	A Contractor	a series	NUMBER OF BRIDE DAY		
Nº de fracturas /metro (caja piso)	f/m	6				4			-	
Nº de fracturas /metro (caja techo)	f/m	-		11	100	P. Land P.	-	5 3 6	4.1	100
Nº de fracturas /metro (mineral)	f/m	12		1. 10	10	the state	- IC	191		9
Taco promedio	m	0.5	1	1.00	all.	-	-			
Ancho de cara libre	m	5.1	100	H. N	1.11	1.	1000	1 N 1		
Longitud de Barra	Pies	14		A States	1000	C VER	and the second			
Longitud de taladro	m	3.8		Statute of the						
Ø taladro de produccion	mm	45								
Ø taladro de alivio	mm	45								
Nº de Taladros cargados	Und	24								
oivile ab zorbela Nº	Und	5								
Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO	m ON JUMB	2.8 0		0.266 CARTL	JCHOS	POR TALA	0.25 DRO	ACCESORIOS		
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO	m ON JUMB(2.8 0		0.266 CARTU E 3000 1.1	JCHOS /4"x12"	POR TALA E1000 1.1	0.25 DRO /4"x12"	ACCESORIOS		
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION	m ON JUMB(N	2.8 0	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal	JCHOS /4"x12" total/ta	POR TALA E1000 1.1 und/tal	0.25 DRO /4"x12" total/ta	ACCESORIOS Retardo Fanel®	Cant.	
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona)	m ON JUMB(2.8 O	Nº Tal	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal	JCHOS /4"x12" total/ta 	POR TALA E1000 1.1 und/tal	0.25 DRO /4"x12" total/ta I	ACCESORIOS Retardo Fanel®	Cant.	
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados)	m ON JUMB(2.8 O	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal	JCHOS /4"x12" total/ta I	POR TALA E1000 1.1 und/tal	0.25 DRO /4"x12" total/ta I	ACCESORIOS Retardo Fanel®	Cant.	
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion	M ON JUMBO	2.8 0	Nº Tal	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal	JCHOS /4"x12" total/ta I 0	POR TALA E1000 1.1 und/tal	0.25 DRO /4"x12" total/ta I 192	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9	Cant.	
DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso	M ON JUMB(2.8 0	Nº Tal	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal	JCHOS /4"x12" total/ta I 0 4	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10	0.25 DRO /4"x12" total/ta I 192 20	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1.2.2.3.4.4.5.5.5.5.6.6.7.8.9 LP3,7	Cant.	
Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo	ON JUMBO	2.8 O	Nº Tal 16 2 0	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal 0 2 0	JCHOS /4"x12" total/ta I 0 4 0	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0	0.25 DRO /4"x12" total/ta 1 192 20 0	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1.1.2.2.3.4.4.5.5.5.5.6.6.7.8.9 LP3.7	Cant. 16 2 0	
Taladro de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona	ON JUMBO	0	Nº Tal 16 2 0 6	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2	JCHOS /4"x12" total/ta I 0 4 0 12	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10	0.25 DRO /4"x12" total/ta 1 192 20 0 60	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1.2.2.3.4.4.5.5.5.5.6.6.7.8.9 LP3,7 - LP6.8,10,10,11,11	Cant. 16 2 0 6	
Taladro de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF		0	Nº Tal 16 2 0 6 24	0.266 CARTL E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart:	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11	Cant. 16 2 0 6	
Taladros de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOR KILOGRAMOS DE EXE	ON JUMB	0	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO (4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kq	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11	Cant. 16 2 0 6	
Teladros de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOR KILOGRAMOS DE EXF	M JUMB ON JUMB N RADOS PLOSIVO	0	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO (4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 	
Congitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS:	M JUMB ON JUMB N RADOS PLOSIVO	2.8 0	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 - de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	
Taladros de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Volumen roto	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³	2.8 0 Cantidad	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	
Taladros de tanto Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Volumen roto	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T	2.8 0 Cantidad 133.00 222.60	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO /4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	
Ver ralados de anivo Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T	2.8 0 Cantidad 133.00 322.50 5.50	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	
Congitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Volumen roto Fonelaje roto Vanace/disparo Taladro	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m	2.8 0 Cantidad 133.00 332.50 3.50	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO (4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant.	NUL PECHA II/De
Telados de tanto Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m kg/m	2.8 0 Cantidad 133.00 332.50 3.50 20.64	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO (4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	nir strai 11/0a
Talados de anivo Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Produccion Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Volumen roto Tonelaje roto Vance/disparo Factor de Avance Factor de Carga	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m ³	2.8 0 Cantidad 133.00 332.50 20.64 0.54	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 4 24	NUL MICHA 11/08
Taladros de tanto Longitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja techo Tonelaje roto Tonelaje roto Tonelaje roto Tonelaje roto Taladro de Avance Tactor de Avance Tactor de Carga Tactor de Potencia	M ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m ³ Kg/T	2.8 Cantidad 133.00 332.50 20.64 0.54 0.22	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel®	Cant. 16 2 0 6 24	niz ancel izite
Taladros de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: //olumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance Factor de Carga Factor de Potencia P80	M ON JUMBO N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m Kg/m Pulgadas	2.8 O Cantidad 133.00 332.50 3.50 20.64 0.54 0.54 0.22 6.26	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 . LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant.	NUL PECHA 11/De
Congitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de Carga piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOR KILOGRAMOS DE EXP RESULTADOS: /olumen roto Tonelaje roto Avance/disparo Factor de Avance Factor de Carga Factor de Potencia Pa0 % Pasante en 5" (127mm)	m ON JUMBO N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/T Pulgadas %	2.8 0 Cantidad 133.00 332.50 3.50 20.64 0.54 0.22 6.26 70.8	Nº Tal 16 2 0 6 24 72.26	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant.	niz stolek iz/ce
Carga Congitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Faladro de Recorte (Corona) Faladro de Alivio (Rimados) Faladro de Alivio (Rimados) Faladro de caja piso Faladro de caja techo Faladro de caja	m ON JUMB N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m ³ Kg/T Pulgadas %	2.8 Cantidad 133.00 332.50 3.50 20.64 0.54 0.22 6.26 70.8 19.55	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO (4"x12" total/ta 1 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant. 16 2 0 6 24	nit storet it/te
Carga Congitud de Carga Congitud de Carga CONTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Caladro de Recorte (Corona) Caladro de Alivio (Rimados) Caladro de Produccion Caladro de Produccion Caladro de caja techo Caladro de caja techo Caladro de corona CALADROS PERFOF KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: Colagie roto Vanace/disparo Cactor de Avance Cactor de Carga Cactor de Avance Cactor de Carga Cactor de Potencia Cactor de Sector de Carga Cactor de Potencia Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Avance Cactor de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Carga Cactor de Sector de Sector de Carga Cactor de Sector de Sector de Carga Cactor de Sector de Sector de Carga Cactor de Sector de Sector de Carga Cactor de Sector de	M ON JUMB N N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m Kg/T Pulgadas % %	2.8 Cantidad 133.00 332.50 20.64 0.54 0.22 6.26 70.8 19.55	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel® LP1,1,2,2,3,4,4,5,5,5,5,6,6,7,8,9 LP3,7 - LP6,8,10,10,11,11 de fragmentacion	Cant.	lini ann annail i thice
Congitud de Carga DISTRIBUCÍON DE EXPLOSIVOS PERFORACIÓN CO DESCRIPCION Taladro de Recorte (Corona) Taladro de Alivio (Rimados) Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja piso Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de caja techo Taladro de corona TALADROS PERFOR KILOGRAMOS DE EXF RESULTADOS: ////////////////////////////////////	m ON JUMBO N RADOS PLOSIVO Unidad m ³ T m Kg/m Kg/m Kg/m ³ Kg/m Yulgadas % %	2.8 O Cantidad 133.00 332.50 3.50 20.64 0.22 6.26 70.8 19.55	Nº Tal	0.266 CARTU E 3000 1.1 und/tal 0 2 0 2 Total cart 4.26	JCHOS /4"x12" total/ta 1 0 4 0 12 16 Kg	POR TALA E1000 1.1 und/tal 12 10 0 10 Total cart: 68.00	0.25 DRO [4"x12" total/ta 192 20 0 60 272 Kg Analisis	ACCESORIOS Retardo Fanel®	Cant. 16 2 0 6 24	002 98284 12/04 (10) 7

Anexo 10. Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 12-06-21

Anexo 11. Reporte perforación y voladura TJ8202 NV4330 15-06-21

	PEPOPTE					• • •			ERAGMENTACION		
	REPORTE		RFURAU		ULADUK	A, CU		LISIS DE	FRAGMENTACION		
DATOS GEN	IERALES				10 10						
FECHA	15/06/2021										
NIVEL	4330										
LABOR	TJ8202									2	
SECCION (m.)	3.5 3.5										
ZONA	ANGELA			1.04	1000				Contraction of the local distance of the loc		
TURNO	NOCHE				640				the state of the second second	1000	
BXS (m.)	1.3 1.3				the second second	- 10		12/8.00		The local division of the local division of	
TIPO DE ROCA	IVA							214	and the second sec	1000	
RMR	31-40								A - A - 20	1000	
					12		6.0	35	March Alexan	1000	
DATOS DE CAMPO	Unidad Cantidad			1.0	158		611		State October	100	
Densidad	T/m ³ 2.5				Sec. 14	100	115	2 8	The second second second	1000	
Nº de fracturas /metro ore	f/m 12							State State	A State of the second of the	the second second second second second second second second second second second second second second second s	
Nº de fracturas /metro waste	f/m 5				100			1000	Provide and services of the	P.M. C. M.	
Ancho de cara libre	m 3.5								and the subscription of the		
Longitud de Barra	Pies 14				and the second	1.12		and support		the second second second second second second second second second second second second second second second s	
Longitud de taladro	m 3.8				1	1		01	ALC: NOT	Real Providence	
Ø taladro de produccion	mm 45				10	1	1	100	ARA LUNA	Con Kan I I	
Ø taladro de alivio	mm 45				ALC: NOT		100	1	and the second s	Statement St.	
N° de Taladros cargados	Und 13				100			-	the second second second second second second second second second second second second second second second se	1 million 1 mill	
N° de Taladros de alivio	Und 4				1 1		1000	ALC: NO	the second second	1.000	
Nº de Taladros de Rimado	Und 0				1 10					-	
Longitud de carga	m 3.5				dist		100	10 20 7	19		
	10.0										
DISTRIBUCÍON DE EXPLO	SIVOS										
PER	FORACIÓN			CARTI	JCHOS POP	RTALA	DRO		ACCESOF	RIOS	
			E3000 1	.1/4"x12"	E1000 1.1	/4"x12"	Total	Correct			
DESCF	IPCION	Nº Tal	und/tal	total/tal	und/tal	total/ta	Cart.	Tal	Retardo Fane	l®	Cant.
Taladro de Recorte (Corona)		4									
Taladro de Alivio (Rimados)		0									
Taladro de Produccion		5	1	5	9	45	10	2.516	LP 1,2,3,4,5		5
Taladro de caja piso		3	1	3	9	27	10	2.516	LP 6,6,9		3
Taladro de caja techo		2	1	2	9	18	10	2.516	LP 8,5		2
Taladro de corona		3	1	3	9	27	10	2.516	LP 8.7.7		3
	FREORADOS	17	Total cart	13	Total cart:	117					
KILOGRAMOS	DE EXPLOSIVO	32.71	3.46	Ka	29.25	Ka		1			13
THEOORANOO		02.11	0.40	Ng	20.20	ng	1				15
RESULTADOS:	Unidad Cantidad						ANAL	ISIS DE FRA	GMENTACION		
Volumen roto	m ³ 42.88			Tamor	to de Dist	ribucia	20				
Tonelaje roto	T 107.19		10	*****	CORDUCT:	1000	1.11	-			
Avance/disparo	m 3.50			13 8900	(FECHA	12/06	21				
Factor de Avance	Kg/m 9.35						1			TT UNLY PR	180 18/04/21
Factor de Caroa	Kg/m ³ 0.76		12		-			_	b Repairing	Size[in]	one descension
Factor de Potencia	Kg/T 0.31	2				1			F10	0.04	
	Pulaadas 4.44	-				1-			720	0.20	
	Fulyauas 4.44	- E	P			1	-		F80	0.80	
% Pasante en 5" (127mm)	% 84.1	D.				1			P40	0.86	
% Pasante en 3/4" (19mm)	% 35.83	5	10					_	850	L-00	
		5	1. L						740	2.40	
OBSERVA	CIONES:	P	1					-	870	3,30	
			12						780.	0.40	
									220	5,50	
			1		-				Topalge (59, 654)	10.09	
			t	11174	11111		-	1 1 - 1 - 144	2005050011004505550		
			1.0	21	- 2		10.1	100	6		
					Sizal	in]					
		1-174	in second		and and			and there	1		
								-			
		L									



Anexo 12. Reporte perforación y voladura TJ8803 NV4315 19-06-21



Anexo 13. Reporte perforación y voladura TJ4200 NV4330 21-06-21